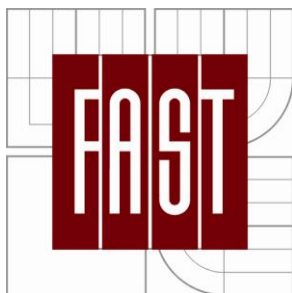


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA RODINNÉHO DOMU

AIR CONDITION OF THE FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

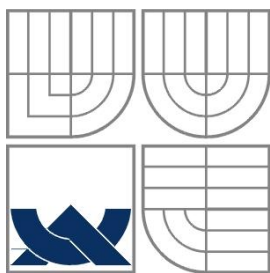
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

FRANTIŠEK KOPŘIVA

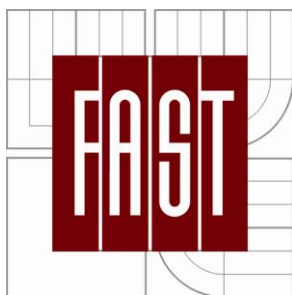
VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

DOC. ING. ONDŘEJ ŠIKULA, PH.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# VZDUCHOTECHNIKA RODINNÉHO DOMU

AIR CONDITION OF THE FAMILY HOUSE

## DOKLADOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

FRANTIŠEK KOPŘIVA

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

DOC. ING. ONDŘEJ ŠIKULA, PH.D.

BRNO 2014



## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608R001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	František Kopřiva
<b>Název</b>	Vzduchotechnika rodinného domu
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	doc. Ing. Ondřej Šíkula, Ph.D.
<b>Datum zadání bakalářské práce</b>	30. 11. 2013
<b>Datum odevzdání bakalářské práce</b>	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

doc. Ing. Jiří Hírš, CSc.  
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

### Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

### Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

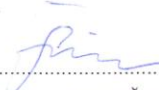
- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
  - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu
  - B. Výpočtová část  
analýza objektu – rozdělení na funkční celky VZT, 2-3 zařízení zpracovaná v tématech:  
tepelné bilance,  
průtoky vzduchu, tlakové poměry  
distribuce vzduchu,  
dimenzování potrubí a tlaková ztráta,  
úpravy vzduchu, návrh VZT jednotek (hx diagramy),  
útlum hluku
  - C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: výkresy dvoučarově, půdorysy + řezy (řešené místnosti, strojovna)  
legenda prvků, 1:50 (1:100) – budou uloženy samostatně jako přílohy, technická zpráva (tabulka místností, tabulka zařízení), položková specifikace, funkční (regulační) schéma
- j) závěr,
- k) seznam použitých zdrojů,
- l) seznam použitých zkratk a symbolů,
- m) seznam příloh,
- n) přílohy - výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

### Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

  
doc. Ing. Ondřej Šíkula, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## ÚVOD

Tématem bakalářské práce je vzduchotechnika rodinného domu. Jedná se o rodinný dům, který bude využíván pro experimentální účeli.

Cílem práce bylo navrhnout větrání objektu a jako doplněk bylo zpracováno chlazení a zařízení pro vytápění, které má přímou vazbu na navrhovaná zařízení.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá vzduchotechnikou rodinného domu. V práci je řešeno odvlhčení bazénové haly, vzduchotechnika rodinného domu, vytápění, chlazení a využití obnovitelných zdrojů pro ohřev teplé užitkové vody a bazénové vody.

## **Klíčová slova**

vzduchotechnika, rekuperace, chlazení, vytápění, teplovzdušné vytápění, podlahové vytápění, solární energie, h-x diagram.

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with air conditioning house. The work is done dehumidification pool halls, house ventilation, heating, cooling, and the use of renewable resources for domestic hot water and swimming pool water.

## **Keywords**

ventilation, heat recovery, cooling, heating, air heating, underfloor heating, solar energy, hx diagram.

## Bibliografická citace VŠKP

KOPŘIVA, František. *Vzduchotechnika rodinného domu*. Brno, 2014. 142 s., 43 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických  
zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Ondřej Šíkula, Ph.D..

## **PROHLÁŠENÍ**

### **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29.5.2014

.....  
podpis autora

František Kopřiva



## **PODĚKOVÁNÍ**

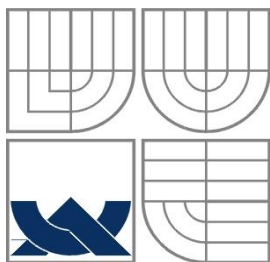
Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ondřejovi Šikulovi, Ph.D. za jeho čas, trpělivost a rady při řešení bakalářské práce.

<b>A. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....</b>	<b>13</b>
<b>A.1 ÚVOD .....</b>	<b>13</b>
<b>A.2 HISTORIE .....</b>	<b>13</b>
<b>A.3 PASIVNÍ DŮM .....</b>	<b>14</b>
A.3.1 KRITÉRIA PASIVNÍHO DOMU .....	14
A.3.2 SROVNÁNÍ SPOTŘEBY ENERGIÍ.....	15
<b>A.4 VZDUCHOTECHNIKA A PASIVNÍ DŮM .....</b>	<b>17</b>
A.4.1 ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA - REKUPERACE .....	19
A.4.2 POROVNÁNÍ ZVÝŠENÍ REKUPERAČNÍ ÚČINNOSTI S POMOCÍ ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU (PŘEVZATO OD PANA ING. EBERHARD PAUL) .....	27
A.4.3 KONCEPCE VĚTRÁNÍ .....	29
<b>A.5 VYTÁPĚNÍ A PASIVNÍ DŮM.....</b>	<b>32</b>
A.5.1 TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ.....	32
A.5.2 KONSTRUKCE ELEKTRICKÉ PODLAHOVÉ OTOPNÉ PLOCHY .....	38
A.5.3 TEPELNÁ ČERPADLA .....	40
A.5.4 SOLÁRNÍ ENERGIE .....	52
A.5.5 HYDRAULICKÉ ZAPOJENÍ .....	61
A.5.6 EKONOMIKA .....	63
<b>A.6 ZÁVĚR.....</b>	<b>64</b>
<b>B. VÝPOČTOVÁ ČÁST .....</b>	<b>66</b>
<b>B.1 VZDUCHOTECHNIKA.....</b>	<b>66</b>
B.1.1 ANALÝZA OBJEKTU .....	66
B.1.2 VZDUCHOTECHNIKA BAZÉNU .....	67
B.1.3 VZDUCHOTECHNIKA RODINNÉHO DOMU .....	79
B.1.4 ÚTLUM HLUKU .....	88
<b>B.2 CHLAZENÍ.....</b>	<b>98</b>
B.2.1 TEPELNÉ ZÁTĚŽE .....	99
B.2.2 NÁVRH CHLADICÍHO SYSTÉMU VRV .....	99
B.2.3 SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	108
<b>B.3 VYTÁPĚNÍ.....</b>	<b>109</b>
B.3.1 PŘÍPRAVA TV.....	109

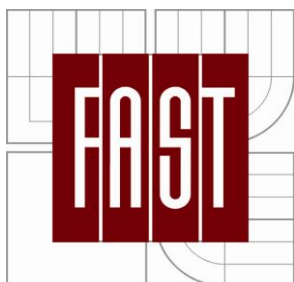
B.3.2	SOLÁRNÍ SYSTÉM .....	116
B.3.3	NÁVRH PLYNOVÉ KOTELNY A ZAŘÍZENÍ.....	119
B.3.4	PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ .....	123

## **C. TECHNICKÁ ZPRÁVA .....** **129**

<b>C.1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>130</b>
C.1.1	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE .....	130
C.1.2	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ .....	131
C.1.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	131
<b>C.2</b>	<b>ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>132</b>
C.2.1	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE .....	132
C.2.2	TECHNOLOGIE VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ .....	133
C.2.3	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ .....	133
C.2.4	KONCEPCE CHLADÍČÍHO ZAŘÍZENÍ .....	135
C.2.5	KONCEPCE VYTÁPĚNÍ A OHŘEV VODY.....	136
<b>C.3</b>	<b>MĚŘENÍ A REGULACE .....</b>	<b>136</b>
<b>C.4</b>	<b>NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE .....</b>	<b>137</b>
<b>C.5</b>	<b>IZOLACE A NÁTĚRY.....</b>	<b>137</b>
<b>C.6</b>	<b>MONTÁŽ .....</b>	<b>138</b>
<b>C.7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>138</b>
<b>C.8</b>	<b>VÝPIS POLOŽEK.....</b>	<b>138</b>
C.8.1	VÝPIS POLOŽEK – VZT1 – BAZÉNOVÁ HALA .....	138
C.8.2	VÝPIS POLOŽEK – VZT2 – POBYTOVÁ ČÁST .....	139
<b>C.9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>140</b>
<b>C.10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>142</b>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# VZDUCHOTECHNIKA RODINNÉHO DOMU

AIR CONDITION OF THE FAMILY HOUSE

## TEORETICKÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

FRANTIŠEK KOPŘIVA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

DOC. ING. ONDŘEJ ŠIKULA, PH.D.

BRNO 2014

# A. LITERÁRNÍ REŠERŠE

## A.1 ÚVOD

Proč zrovna technické zařízení budov v pasivních domech? V dnešní době můžeme trend pasivních domů pochopit jako odpověď na celosvětově rostoucí ceny energií a snahu o větší energetickou nezávislost a snahu snížit zátěž životního prostředí. Hlavním rozdílem oproti stávajícím budovám je v použitých stavebních materiálech a hlavně systémů v TZB, které zajišťují příjemné prostředí jak v létě, tak v zimě. Oproti stávajícím budovám, které mají obrovské energetické ztráty, spotřebují až o 80-90% méně energie. Proto bych se v bakalářské práci rád zaměřil na využití současných technologií v TZB, které mají kladný vliv na spotřebu energie a na životní prostředí v pasivních domech, a to hlavně v oblasti vzduchotechniky a vytápění.

## A.2 HISTORIE

Slovo pasivní dům pochází z německého Passivhaus, v Česku se také používá označení energeticky pasivní dům. Před výstavbou pasivních domů, předcházely výstavby tzv. solárních domů. Tento systém se využíval hojně v jižní Francii, ale jeho největší nevýhodou bylo, že v letním období se domy přehřívaly. „Skutečný návrh a realizaci čtyř řadových domů vytvořili pro soukromé klienty architekti Bott, Ridder a Westemeyer. Byly postaveny v německém městě Darmstadt v roce 1990. Další byly realizovány v roce 1993 ve městě Stuttgart a v roce 1997 v Naumburgu, Hessenu, Wiesbadenu“. Od doby prvních pasivních domů bylo postaveno již tisíce pasivních domů, převážně v Německu a Rakouku. V České republice byl první pasivní dům postaven v roce 2004. V roce 1996 byla založena nadace Passivhauss Institut ([www.passiv.de](http://www.passiv.de)) a jejím zakladatelem je Wolfgang Feist. Nadace slouží pro kontrolu standartu pasivních domů.

## A.3 PASIVNÍ DŮM

Standart pasivního domu pochází z německého prostředí a postupně se šíří do dalších zemí. Česká legislativa pojem jako pasivní dům nezná, proto se můžeme setkat s neseriózními dodavateli, kteří za pasivní domy vydávají stavbu, která z daleka svými parametry nesplňuje požadavky na pasivní dům. Co to tedy vlastně pasivní dům je a jak ho charakterizovat? V pasivním domě lze dosáhnout vysokého komfortu bydlení, pohodlí a příjemného prostředí za minimální spotřeby energie. Vychází z principu, že tepelné ztráty jsou pokryty pasivními solárními zisky, vnitřními tepelnými zisky z provozu zařízení budovy, metabolickým teplem osob a rekuperací.

Výhody pasivních domů:

- Pohodlí
- Čerstvý vzduch
- 80-90% úspora energií
- Odolnost vůči letním vedrům

Nevýhody pasivních domů:

- Dražší výstavba
- Složitost a pracnost výstavby

### A.3.1 Kritéria pasivního domu

Aby se budova dala označit jako pasivní dům, nesmí měrná potřeba tepla na vytápění přesáhnout hodnotu u RD 20 kWh/(m<sup>2</sup>a), v případě ostatních staveb 15 kWh/(m<sup>2</sup>a).

POTŘEBNÝ TOPNÝ VÝKON	Max. 10 W/m <sup>2</sup> *
SPECIFICKÁ SPOTŘEBA TEPLA K VYTÁPĚNÍ	Max. 15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
SPECIFICKÁ CELKOVÁ** SPOTŘEBA ENERGIE	Max. 42 kWh/(m <sup>2</sup> a)
SPECIFICKÁ CELKOVÁ** SPOTŘEBA PRIMÁRNÍ ENERGIE***	Max. 120 kWh/(m <sup>2</sup> a)

\* vztažnou plochu v m<sup>2</sup> představuje vytápěná užitná obytná plocha.

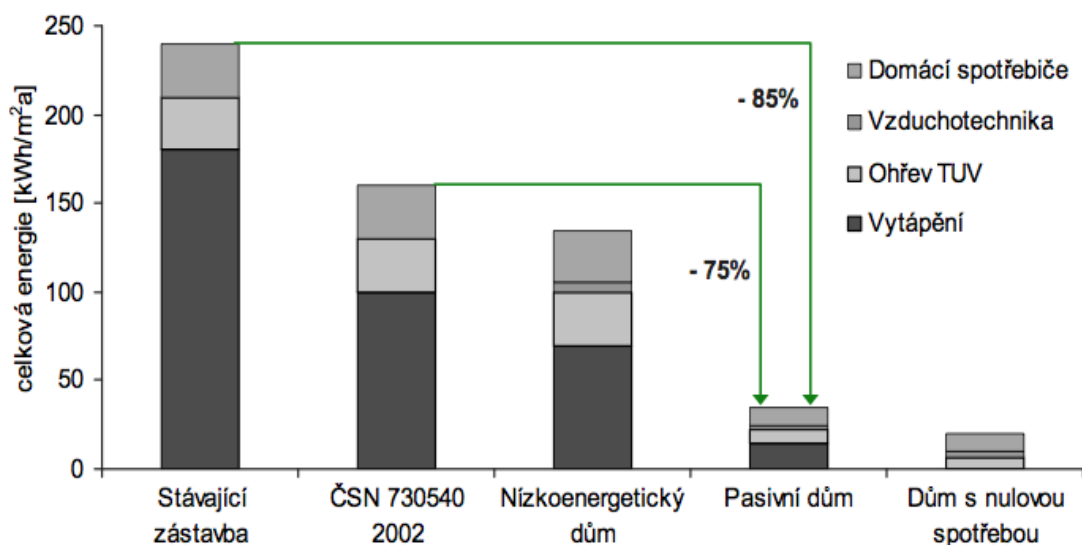
\*\* celková potřeba energie = spotřeba na všechny služby v domácnosti (topení, větrání, čerpadla, světlo, vaření, domácí elektrospotřebiče).

\*\*\* Primární energie je veškerá energie uvolněná na krytí energetické spotřeby

Dále se ubírá pozornost na tepelně-izolační vlastnosti konstrukcí, které musí splňovat doporučené hodnoty dle normy ČSN 730540 (ukázka z normy ČSN 730540):

Součinitel prostupu tepla [ $\text{W/m}^2\text{k}$ ]	Požadavek normy ČSN 730540	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
Vnější stěna	0,30	0,18-0,12
Šikmá střecha	0,30	0,18-0,12
Plochá střecha	0,24	0,15-0,10
Podlaha na terénu	0,45	0,22-0,15
Okna	1,5	0,8-0,6

### A.3.2 Srovnání spotřeby energií

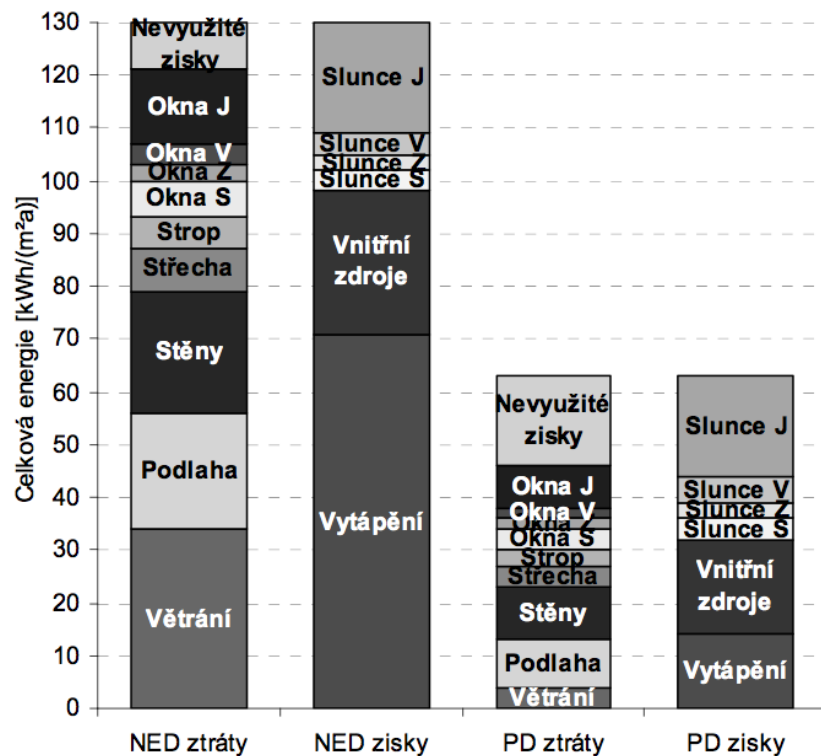


Obr.1- Srovnání měrné spotřeby energie jednotlivých typů staveb [1]

POROVNÁNÍ ENERGETICKÝCH PARAMETRŮ BUDOV				
parametr	jednotka	stará výstavba rodinných domů	nízko - energetické domy (NED)	energeticky pasivní domy (EPD)
spotřeba tepla na vytápění a větrání *	kWh/rok	až 25 000	až 9 800	< 2 100 **
měrný výpočtový příkon tepla pro vytápění a větrání	W/m <sup>2</sup>	> 110	20 – 40	15 – 8
měrná spotřeba tepla - pro ÚT vytápění a VZT větrání	kWh/m <sup>2</sup> /a	170 – 220	30 – 70	≤ 15
měrná spotřeba tepla - pro ohřev TV	kWh/m <sup>2</sup> /a	35	< 20	10 – 15
měrná spotřeba elektrické energie v domácnosti (EI)	kWh/m <sup>2</sup> /a	30	< 20	10 – 20
souhrnná měrná spotřeba (ÚT+VZT+TUV+EI)	kWh/m <sup>2</sup> /a	235 – 285	70 – 110	35 – 45
souhrnná spotřeba primárních paliv PEZ	kWh/m <sup>2</sup> /a	–	–	< 120
minimální požadovaný součinitel prostupu tepla – stěnou	W/m <sup>2</sup> /K	–	< 0,20	< 0,12
minimální požadovaný součinitel prostupu tepla – okna	W/m <sup>2</sup> /K	–	< 1,0	< 0,85
<p>* průměrný rodinný dům 140 m<sup>2</sup> užitné plochy</p> <p>** – u domů EPD kryjí vnitřní zisky až 35 % celkové spotřeby tepla k vytápění, solární zisky až 30 % a zbytková spotřeba je cca 35 % – v středoevropském klimatu je vhodnější preference vnitřních zisků před solárními zisky, přičemž rozsah okenních ploch nemá převýšit 15 – 25 % plochy fasády</p>				

Obr.2 - Podrobnější porovnání energetických parametrů budov [2]





Obr.3- Energetická bilance v NED a PD [1]

Další graf nám znázorňuje energetickou bilanci v ročním období v nízkoenergetickém a pasivním domě. Z grafu můžeme vyčíst, že v pasivním domě jsou ztráty tak nízké, že je lze pokrýt tepelnými zisky od slunečního záření, vnitřních zdrojů a z ohřevu přiváděného čerstvého vzduchu. Zdroj: Passivhaus Institut

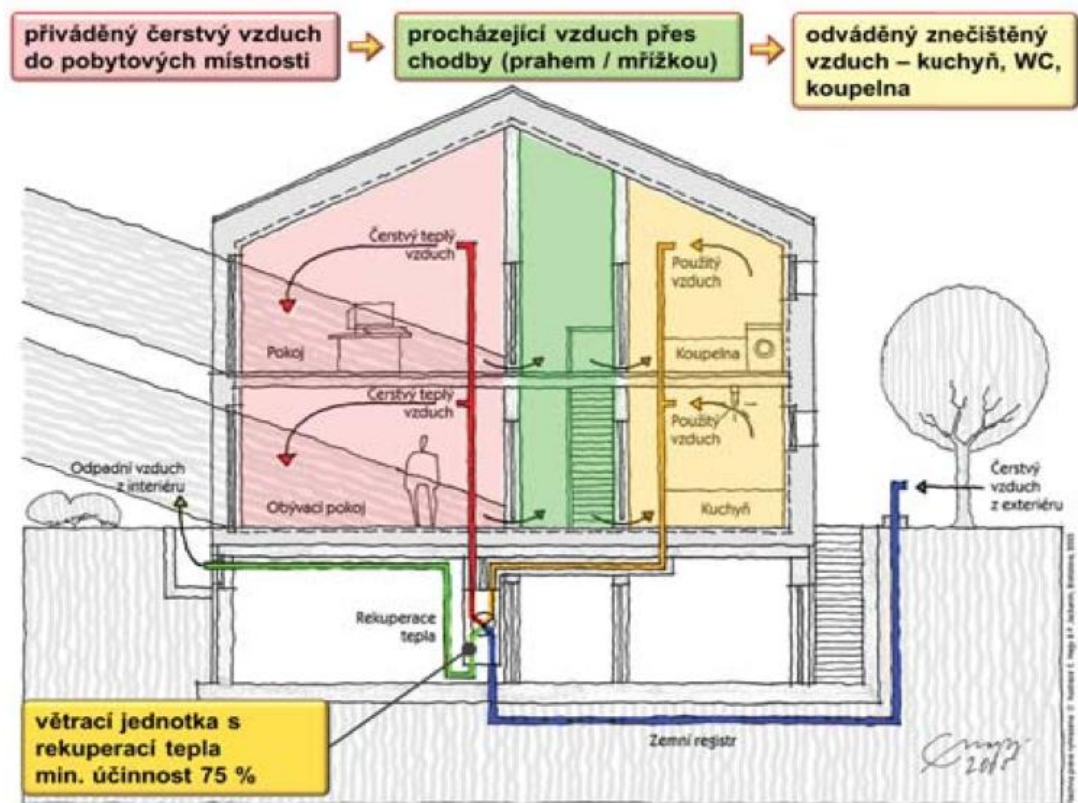
## A.4 VZDUCHOTECHNIKA A PASIVNÍ DŮM

Čerstvý vzduch má zásadní vliv na kvalitu vnitřního prostředí. Ztráty tepla větráním by byly tak velké, že bez rekuperace tepla by pasivní dům zdaleka nedosahoval potřebných parametrů a stěží i hodnot pro pasivní dům. Proto nedílnou součástí pasivních domů je nucené větrání (vzduchotechnická jednotka), které je vybaveno rekuperačním výměníkem tepla. Nucené větrání zabezpečuje v domě jak vynikající kvalitu vzduchu, tak i tepelnou pohodu (teplovzdušné vytápění).

Passivhaus institut vydal doporučení, které by mělo nucené větrání splňovat:

- Obvodový plášť musí být vzduchotěsný

- Zpětné získávání tepla (ZZT) musí být vysoce účinné, účinnost rekuperátoru musí být vyšší než 75%
- Spotřeba energie na provoz VZT (ventilátory, ohřev vzduchu, řídicí jednotka) musí být velmi nízký
- Doporučuje se rozdělení budovy na tři zóny – přívod vzduchu (obytné místnosti), transport vzduchu (chodby) a odtah odpadního vzduchu (koupelna, WC, kuchyň)
- Rozvody by měly být co nejkratší, není nutný přívod čerstvého teplého vzduchu u oken. Při použití kvalitních oken není zapotřebí vytvářet před nimi tepelnou clonu, i bez ní je povrchová teplota vyšší než rosný bod



Obr.4 - Koncepce větrání [4]

Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla:

- 80% až 95% úpora energie oproti běžnému větrání během topné sezóny
- Čerstvý vzduch bez překračování koncentrace  $\text{CO}_2$
- Vzduch bez nečistot (prach, pyly)

- Při správném návrhu – bez hlukového zatížení
- Odvod vlhkosti
- Vysoký komfort – teplý vzduch bez průvanu


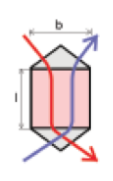
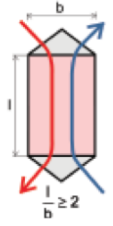



#### **A.4.1 Zpětné získávání tepla - rekuperace**

Co je to rekuperace? Přiváděný externí vzduch prochází přes rekuperační výměník, který je uložen uvnitř vzduchotechnické jednotky, do kterého z druhé strany vstupuje vnitřní teplý odpadní vzduch. Obě vzdušiny jsou od sebe dokonale odděleny soustavou kanálků, aby nedocházelo ke zpětnému průniku pachů z odváděného do přívodního vzduchu. Přes stěny kanálů teplo z odpadního vzduchu přechází do přívodního, který je tak predehříván. Rekuperační výměníky dosahují 30-90% účinnosti. Účinnost rekuperačního zařízení je ovlivněna plochou a druhem použitého výměníku. Co je to vlastně účinnost? Říká nám, jaká část tepla z celkového množství obsaženého v odváděném vzduchu je předána přiváděnému vzduchu. U výrobců rekuperačních jednotek je většinou uváděna maximální účinnosti za ideálních podmínek, ale hodnoty dosahované v běžném provozu bývají nižší.

##### **A.4.1.1 Deskové výměníky**

Deskové výměníky patří mezi velmi rozšířené v zařízeních s menším průtokem vzduchu, pro RD a menší provozovny. Princip všech deskových výměníků je stejný. Jedná se o sadu desek, které jsou seřazeny do svazku. Každá z desek je opatřena těsněním, a to z důvodu, aby se odpadní vzduch nesmíchal s přiváděným vzduchem do místnosti. Desky mohou být vyrobeny z různých materiálů nerez, ocel, hliník, plasty. V minulosti se používaly deskové výměníky ve tvaru obdélníku, kdy účinnost dosahovala od 20-70%. Dnes jsou nahrazovány šestiúhelníkovými tvary, které dosahují účinnosti až 95%. Největší vliv na účinnost výměníku má směr proudů obou vzduchů kdy dělíme výměníky na:

- Křížové
- Křížové protiproudé
- Protiproudé

<b>Schéma</b>			
<b>Typ výměníku</b>	křížový	křížový protiproudý	protiproudý
<b>Plocha výměníku [m²]</b>	4–10	6–14	17–60
<b>Profil proudění (řez)</b>			
<b>Účinnost rekuperačního výměníku [%] efektivní účinnost celého systému [%]</b>	50–70	70–85 (60 –75)	85–99 (75–93)

*Obr.5 - Srovnání deskových výměníků [4]*

Zde na obrázku máme srovnání všech deskových výměníků, jak lze z obrázku vyčíst, zásadní vliv na účinnost má druh zvoleného rekuperačního výměníku i jeho plocha. U pasivních domů se nejčastěji navrhuje protiproudý výměník s účinností 85-95%.

Hlavní výhody deskových výměníků:

- Oddělení přívodního a odvodního vzduchu
- Na provoz není třeba další energie
- Dosahují vysoké účinnosti

Hlavní nevýhody deskových výměníků:

- Schopnost pracovat jen s menším objemem vzduchu
- Může docházet ke kondenzaci

#### **Protimrazová ochrana rekuperačních výměníků**

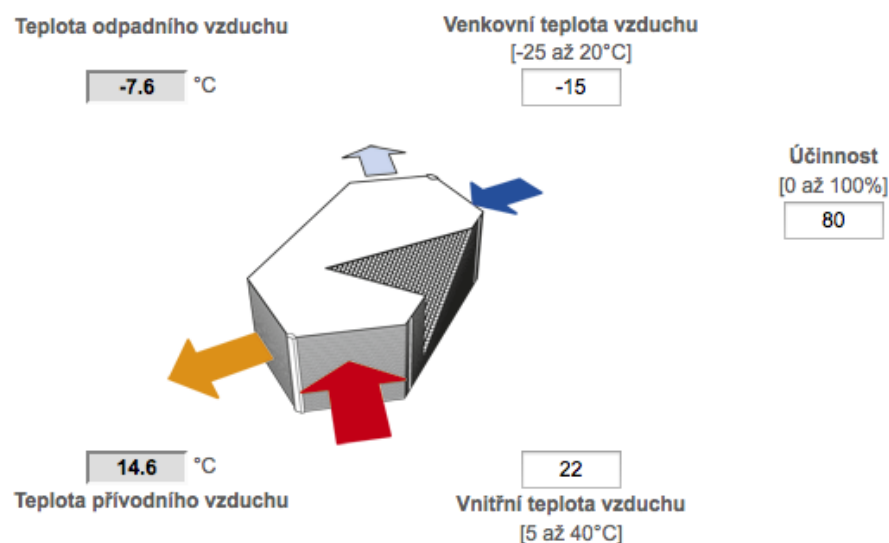
Jak už jsem uvedl, v nevýhodách deskových výměníků může docházet ke kondenzaci, proto je potřeba provést opatření, aby nedocházelo k námraze výměníku. Bohužel

v našich klimatických podmínkách hlavně, v zimním období, kdy přiváděný vzduch je velmi studený a odváděný naopak teplý, může nastat kondenzace vlhkosti z odváděného vzduchu. Kondenzát se nejčastěji odvádí přes zápachovou uzávěrku do kanalizace. Pokud teploty spadnou pod bod mrazu, pak dochází k namrzání vlhkosti -> zhoršuje se přestup tepla. Je mnoho řešení pro předehřev vzduchu - můžeme použít zemní registr (zemní výměník), který se může naopak využít i v létě pro chlazení přívodního vzduchu, dalším řešením je instalování elektrické spirály proti namrzání (používá se například u střešních vtoků). Asi nepoužívanějším je krátkodobé uzavření přívodního vzduchu (klapkou) a využití tepla z odváděného vzduchu. Asi posledním řešením, a taky krajním, je by-pass – odstavení výměníku (tak jako v letním období), ale pak se musí ohřívač vzduchu nadimenzovat pro provoz bez ZZT. V pasivním domech není možno tohle řešení použít.

#### **Ukázka snížení provozních nákladů systémem řízeného větrání s rekuperací**

Uvedeme si příklady, a to za extrémních zimních podmínek o kolik budeme muset dohřívat vzduch tak, aby splňoval parametry přiváděného vzduchu a použijeme rekuperační jednotku s 80% účinností.

Odpadní vzduchu, který budeme odvádět, bude mít 22<sup>0</sup>C a přiváděný vzduch bude mít teplotu -15<sup>0</sup>C (pro Blansko).



Obr.6 - Účinnost rekuperační jednotky [2]

Při použití rekuperace nám bude stačit dohřívát vzduch pouze o  $7^{\circ}\text{C}$  místo o  $37^{\circ}\text{C}$

Při použití rekuperace nám bude stačit dohřívát vzduch pouze o  $4^{\circ}\text{C}$  místo o  $22^{\circ}\text{C}$

#### A.4.1.2 Rotační rekuperační zařízení

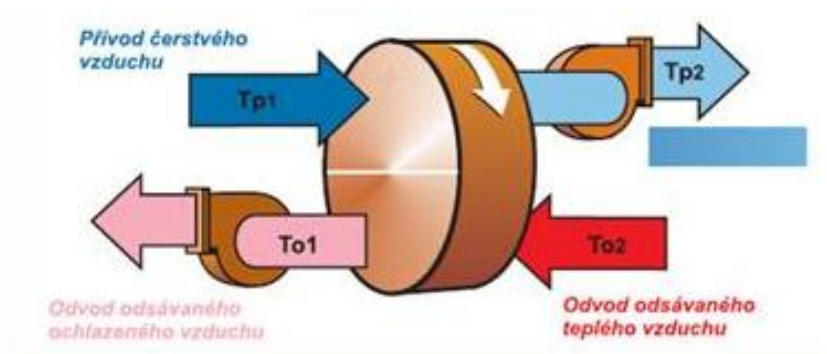
Rotační rekuperační zařízení nachází veliké uplatnění ve vzduchotechnice. K přenosu tepla nebo možnost i přenosu vlhkosti dochází na rotoru, který jednou polovinou rotoru zasahuje do odváděného vzduchu a druhou polovinou rotoru do přiváděného vzduchu. Otáčením rotoru prochází teplosměnná plocha výměníku střídavě do přiváděného a odváděného vzduchu, a tím dochází k přenosu tepla. Pro přenos vlhkosti se povrch teplosměnné plochy opatří hydrokopickou vrstvou. Využívá se spíše na větší objemy vzduchů (centrální koncept větrání), ale dokáže pracovat i s malými objemy. Rozsah použití se pohybuje mezi  $300\text{m}^3/\text{h}$  až do  $80000\text{m}^3/\text{h}$

Výhody rotačních rekuperačních zařízení:

- Vysoká účinnost až 80%
- Schopnost přenášet vlhkost
- Malé rozměry (oproti deskovým rekuperačním zařízením)
- Nedochází k namrzání

Nevýhody rotačních rekuperačních zařízení:

- Netěsnost může dojít k přenosu škodlivin (případná instalace detektoru škodlivin)
- Potřeba další energie (pohon rotoru)



Obr.7 - Rotační výměník [3]

#### A.4.1.3 Ostatní rekuperační zařízení

Hlavním dvou zástupcům, které se používají ve vzduchotechnice v pasivních domech, jsem se věnoval v předchozích kapitolách. Teď bych chtěl jen informovat o dalších možnostech rekuperace.

##### Rekuperátory s kapalinovým okruhem

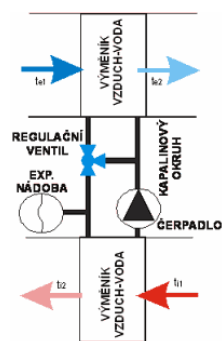
Kapalinový okruh je systém, ve kterém pomocí dvou výměníků tepla dojde k převodu vzduchu – voda – vzduch. Teplonosné médium může být voda nebo nemrznoucí směs. Využití historické budovy, nebo při rekonstrukci vzduchotechniky,

Výhody:

- Nedochází ke smíšení přívodního a odvodního vzduchu
- Účinnost až 70%

Nevýhody:

- Spotřeba další energie (čerpadlo)



Obr.8 - Rekuperátor s kapalinovým okruhem[3]

##### Rekuperátory s protiproudovým trubkovým výměníkem

Protiproudý trubkový výměník, s vnitřním zvrásněným povrchem. Uvnitř výměníku dochází k turbulentnímu průchodu vzduchu. Účinnost až 88% a hlavní výhodou je, že v zimním období, díky své konstrukci, nezamrzá.

### Tepelné trubice

K výměně tepla dochází bez pohonu teplotnosného média. Tepelné trubice využívají proces odpaření a kondenzace teplotnosné kapaliny. Uložení trubic je většinou svislé a jejich konce zasahují do odváděcího a přiváděcího potrubí. Účinnost nepřesahuje 65%, a vzniká zde problematika oddělení přívodního a odvodního vzduchu.

#### **A.4.1.4 Zemní výměník ve spojení VZT a rekuperací tepla**

Zemní výměník tepla využívá přirozeného tepelného gradientu země a její akumulární schopnosti k předehřevu čerstvého vzduchu pro větrací zařízení v zimním období. Naopak v letním období využíváme chladu zeminy a ochlazujeme tím přiváděný vzduch. Při návrhu nasávání vzduchu by se mělo postupovat tak, aby vzduch byl nasáván v místě se suchým vzduchem (minimalizace kondenzace), bezprostředně v blízkosti země a nikde tam, kde nám hrozí zápachy (komposty atd..). Návrh zemního tepelného výměníku je ovlivněn především typem půdy, materiálem potrubí, objemem proudícího vzduchu, hloubkou pokládky potrubí a klimatickými podmínkami v regionu.

#### Zimní provoz (ohřev přiváděného vzduchu)

Venkovní teplota [°C]	- 15	- 9	- 7	- 4	- 10	- 15	- 10	- 20
Výstupní teplota vzduchu ze ZVT[°C]	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 2	+ 1	+ 2	0
Literatura	[3]			[4]			[5]	
$\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	200			140			160	
Průměr Ø [mm]	200			125			100	
Délka l [m]	23			42			40	
Hloubka uložení [m]	1,7			1,5			1	

Tab1. - Zemní výměník – ohřev vzduchu v zimě[3]

Zemní výměník v zimním období nám slouží pro předehřev přívodního vzduchu a jako ochrana proti zamrznutí rekuperační jednotky. Pokud rekuperační jednotka má účinnost více než 80%, vzniká vážný problém, že při teplotách přiváděného vzduchu pod -3°C, může vzniknout námraza na rekuperačním výměníku, a tím se snižuje jeho účinnost a v nejhorším případě může rekuperační výměník porušit. Z tabulky můžeme vidět, že



hodnota přiváděný vzduchu přes zemní výměník se hodnota pohybuje v rozmezí +5°C až 0°C a to nám zaručuje, že nebude docházet k namrzání rekuperační jednotky.

### **Letní provoz (chlazení přiváděného vzduchu)**

Venkovní teplota [°C]	24	28	26	33	26	33
Výstupní teplota vzduchu ze ZVT [°C]	14	16	15	19	17	22
Literatura	[4]		[5]		[5]	
$\dot{V}$ [m <sup>3</sup> /h]	140		155		155	
Průměr Ø [mm]	125		100		100	
Délka l [m]	42		40		20	
Hloubka uložení [m]	1,5		1		1	

Tab2.- Zemní výměník – chlazení vzduchu v létě [3]

V dnešní době, kdy nám stále rostou ceny energií, hledáme nejlevnější varianty, jak bychom jsme mohli chladit přírodní vzduch a snížit tak tepelné zisky v obytných místnostech. Doposud se k tomu používala konvekční klimatizační zařízení, ale jejich spotřeba energie je vysoká a pro pasivní domy nevhodná. Při použití zemního výměníku může být potřeba konvenčních klimatizačních přístrojů snížena, nebo při dobrém návrhu dokonce i celá nahrazena.

### **Součásti systému**

Systém zemního výměníku se skládá:

- Nasávací jednotky - (kterými je nasáván vzduch do potrubí zemního výměníku)
- Potrubí – trubky s PVC o průměru Ø 150 - 200 mm (zvlněné, hladké trubky)
- Obtok (by-pass)

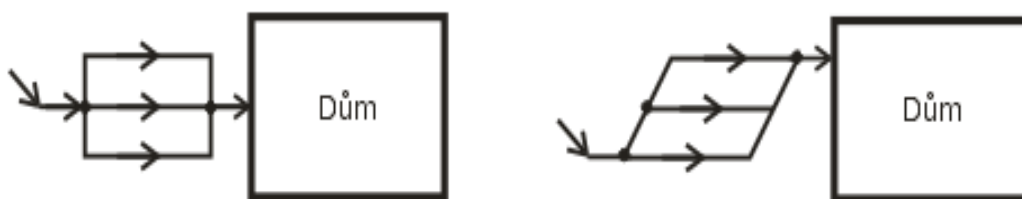
**Nasávací jednotky** – nasávají vnější vzduch, který je potřebný pro provoz zařízení, přichází do zařízení přes nasávací jednotku. Jednotky nám zaručují minimalizaci usazeniny typu prachů a pylů, které se usazují na stěnách v potrubí. Přispívá také k minimalizaci tvorby bakterií a mikroorganismů. Používají se dva za sebou jdoucí

filtry a to ve třídách G4 – F7. Důležité je filtry kontrolovat a čistit – doporučená doba výměny a kontrol je 4-8 měsíců.

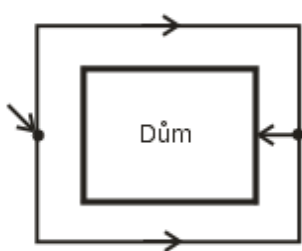
**Potrubí** – které nám slouží k dopravě vzduchu, je nejdůležitější částí zařízení. Tvoří výměník tepla mezi vedeným vzduchem (v trubce) a zemí. Pro zemní výměník používáme trubky PVC, polypropylenové trubky, betonové a kameninové trubky, ale také můžeme použít litinové. Tepelná vodivost materiálu má podstatný vliv na prostup tepla, a tím i na výkon systému. Proto používáme materiály, které mají vysokou tepelnou vodivost. Průměr trubek se doporučuje v rozmezí Ø 150 - 200 mm.

#### Možnosti uložení potrubí zemního výměníku:

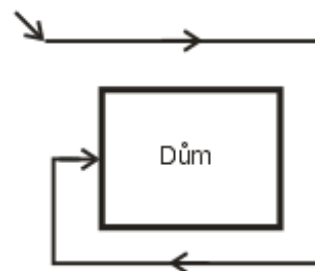
a) žebřinové uložení



b) dvě polosmyčky



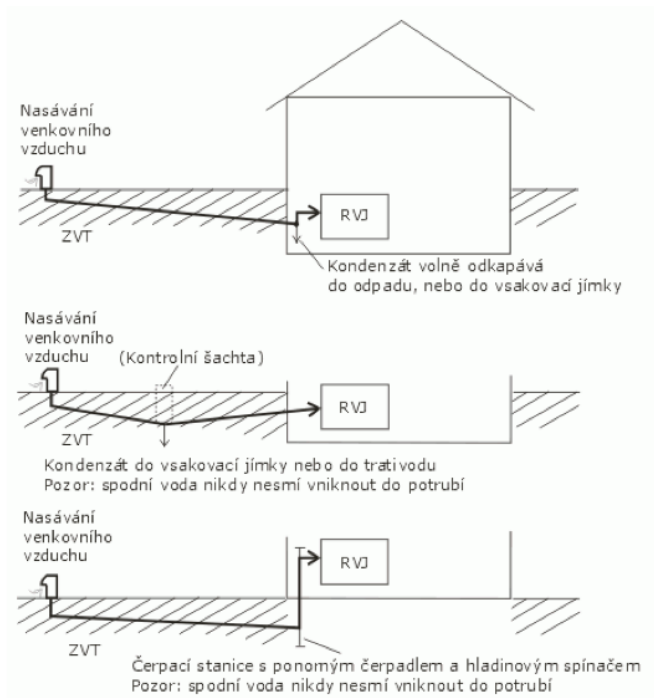
c) jednotrubkové pokládání



*Obr.9 - Možnosti uložení potrubí zemního výměníku [3]*

### Vznik kondenzátu a jeho odvod:

Největší problém tvorby kondenzátu nastává v letním období, kdy při ochlazování venkovního vzduchu o teplotě 32°C s 40% vlhkostí vzniká 0,17l/h. Tenhle problém musíme řešit z důvodu znehodnocení přiváděného vzduchu viz. obrázek 10.



*Obr.10 - Řešení odvodu kondenzátu[3]*

#### **A.4.2 Porovnání zvýšení rekuperační účinnosti s pomocí zemního výměníku (převzato od pana Ing. Eberhard Paul)**

$\Phi_{WRG}$  = tepelná účinnost (nebo součinitel vratného tepla) rekuperátoru (WRG)

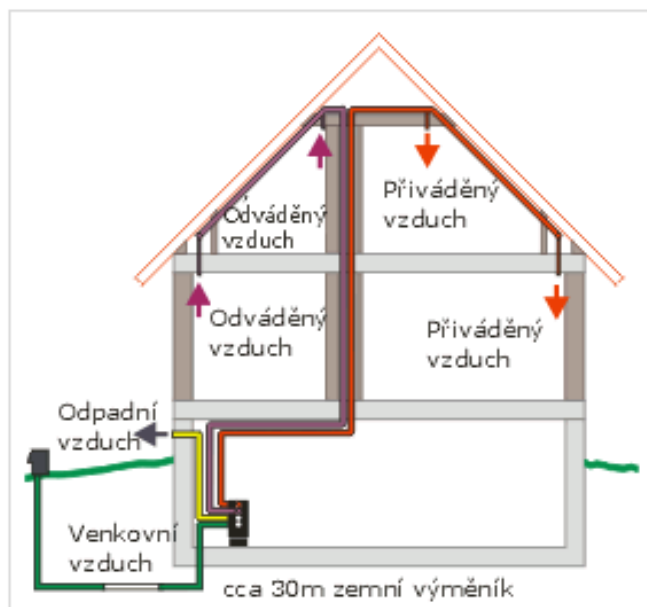
$\Phi_{EWT}$  = tepelná účinnost (nebo součinitel zpětného zisku tepla) rekuperátoru (WRG)

se zemním výměníkem tepla, instalovaným před ním

Předpoklady:

a) Zemní výměník tepla ohřívá venkovní vzduch z -15 °C na  $t_{Au2} = + 2$  °C (při délce 30 m)

b) Zemní výměník tepla ohřívá venkovní vzduch z  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  na  $t_{\text{Au}2} = +3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (při délce 40 m)



Obr.11- Zemní výměník tepla v kombinaci s přístrojem na rekuperaci tepla[3]

### **Zemní výměník tepla v kombinaci s rekuperací tepla**

Okrajové podmínky:

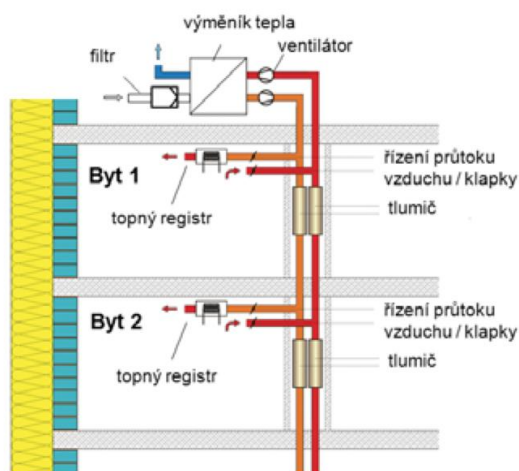
- Trubka zemního výměníku  $\varnothing = 200\text{ mm}$
- $t_{\text{Au}1}$  = venkovní teplota:  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $t_{\text{Au}2}$  = výstupní teplota zemního výměníku
- $t_{\text{Ab}}$  = teplota odváděného vzduchu:  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Hloubka uložení: 1,5 m

	Tepelná účinnost $\Phi$		Teplota přiváděného vzduchu $t_{zu}$	
	bez zemního výměníku	se zemním výměníkem	bez zemního výměníku	se zemním výměníkem
	$\Phi_{WRG}$	$\Phi_{EWT}$		
<b>a) při délce zemního výměníku tepla 30 m</b>				
rekuperátor s křížovým výměníkem tepla	65 %	82 %	7,7 %	13,7 %
rekuperátor s protiproudým výměníkem tepla	75 %	87 %	11,2 %	15,5 %
rekuperátor s výměníkem tepla s protiproudovými kanálky (patent PAUL)	90 %	95 %	16,5 %	18,2 %
<b>b) při délce zemního výměníku tepla 40 m</b>				
rekuperátor s křížovým výměníkem tepla	65 %	82,9 %	7,7 %	14 %
rekuperátor s protiproudým výměníkem tepla	75 %	87,7 %	11,2 %	15,7 %
rekuperátor s výměníkem tepla s protiproudovými kanálky (patent PAUL)	90 %	95,1 %	16,5 %	18,3 %

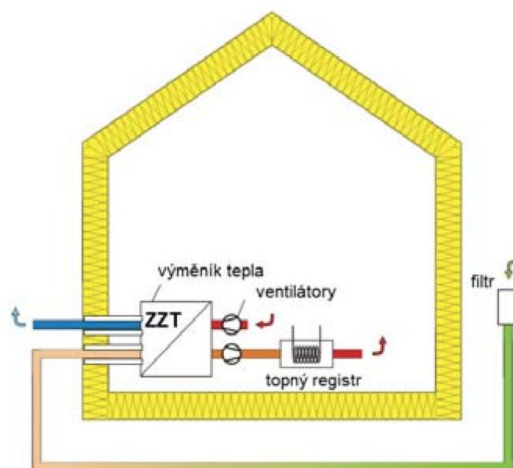
Tab3. - Závislost délky zemního výměníku na účinnosti [3]

### A.4.3 Koncepce větrání

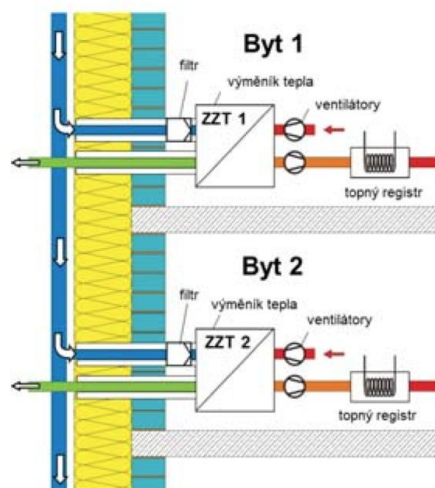
Obecně rozlišujeme centrální větrání, které se využívají spíše pro větší objekty, vyobrazen na obr.12 a pro menší objekty jako jsou rodinné domy obr.13 a nebo decentralní koncepci, která se využívá pro jednotlivé byty obr.14



Obr.12 - Centrální koncepce větrání pro větší objekty [4]



Obr.13 - Centrální koncepce pro menší objekty (rodinný dům)[4]



Obr.14 - Decentrální koncepce pro jednotlivé byty[4]

#### A.4.3.1 Centrální větrání

Centrální větrání obsahuje větrací jednotku, která má rekuperaci pro celý objekt, nebo pro jeho ucelenou část. Také se používá pro větrání menších objektů jako jsou rodinné domy.

Výhody:

- Společná údržba u větších objektů

Nevýhody:

- Větší průměry rozvodů (větší objem vzduchu)
- Složitější regulace

#### **A.4.3.2 Decentrální větrání**

Decentrální větrání odvětrává jednotlivé místnosti samostatnými malými větracími jednotkami. Toto řešení je použitelné hlavně u prostorů, kde není místo pro vedení stoupacích rozvodů – např. kanceláře, rekonstrukce objektů, panelové domy apod.

Každou místnost či jednotku můžeme odvětrat zvlášť s nerovnoměrně nastaveným množstvím odtahu a také přívodního vzduchu, a tak zjistíme dobré a funkční příčné provětrání místností v domě. Decentrální jednotky jsou na rozdíl od centrálních jednotek daleko menší a je zde také méně rozvodů, které jsou také kratší, a tak se dají jednoduše umístit do prostoru.

Výhody:

- Regulace
- Jednoduchost a velikost rozvodů

Nevýhody:

- Údržba více jednotek
- Řešení prostupů fasádou

#### **A.4.3.3 Semicentrální koncepce větrání**

Semicentrální koncepce vychází z kombinace obou uvedených způsobů větrání a snaží se využít jejich výhod. Jeho využití se používá u vícepodlažních objektů tam, kde by byla u centrálního větrání složitá regulace a délka rozvodů, a naopak u decentrálního větrání by bylo řešení velmi nákladné. Optimálním kompromisem je použití centrálního rekuperačního výměníku, který využívá všechny decentrální větrací jednotky zapojené v systému. Předehřev a rekuperace je tedy realizována centrálně, a větrací jednotky jsou umístěny v decentrálním systému.

## A.5 VYTÁPĚNÍ A PASIVNÍ DŮM

Přestože je dnešní tepelná ochrana u pasivních staveb na velmi vysoké úrovni, tak žijeme v oblasti, kde i pasivní domy potřebují několik dní v roce vytápět. Kdybychom se podívali do jiných zemí v Evropě, které leží více na jihu např. Rakousko, Švýcarsko, kde je pasivní výstavba velmi rozšířena a kde stačí k pokrytí tepelných ztrát jen sluneční záření (větší solární zisky), tak ve srovnání s našimi klimatickými podmínkami máme bohužel menší solární zisky a to nás přivádí k problematice vytápění pasivních domů. Dnů, ve kterých je nutnost vytápět pasivní dům je ročně +/- dvacet. Řekneme si dvacet dní není mnoho, ale problematika vytápění a větrání je zásadní při návrhu domu. Nejde tu totiž jen o zajištění příjemného prostředí pro pobyt osob, ale jak už jsem zmiňoval v kapitole „úvod“, je zde úsílí a směr k dosažení celkového ekologického přínosu, a to hlavně v oblasti energetické a materiálové. Proto se čím dál častěji používají recyklovatelné materiály a obnovitelné zdroje. Samostatný návrh vytápění pasivních domů záleží na mnoho důležitých faktorech. Jedním z nich je samostatný typ domu (velikost, dispozice). Důležitá je i orientace domu k severním stranám a umístění domu (zástavba, volné prostranství). V bakalářské práci bych chtěl přiblížit systémy používané pro vytápění pasivních domů a využití obnovitelných zdrojů.

### A.5.1 Teplovzdušné vytápění

Teplovzdušné vytápění je již dnes standartním řešením vytápění v pasivních domech. Je to systém, kdy tepelná energie se do vytápěné místnosti dostává výhradně přivádějícím teplým vzduchem, který v místnosti eliminuje tepelné ztráty (nesmí být velké).

Teplonosným médiem je vzduch, který když porovnáme například s vlastností vody zjistíme, že vzduch díky podstatně menšímu měrnému teplu a nižší teplotě, je horším nosičem tepla

Parametr	Voda	Vzduch
měrné teplo $c$ [J.kg-1.K-1]	4186	1010
hustota [kg.m-3]	980	1,28
teplotní spád používaný pro vytápění obytných budov [K]	10 až 25	20 až 30

Tab.4 – Vlastnosti vody a vzduchu [3]



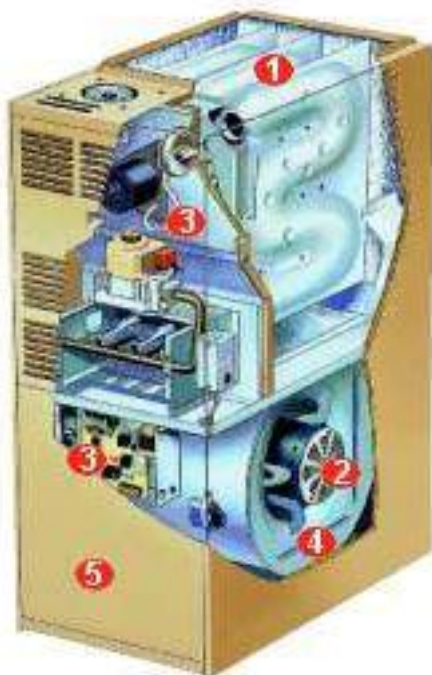
Výhodou teplovzdušného vytápění je, že využívá stejné rozvody, které jsou určeny pro nucené větrání. Ve srovnání s teplovodním vytápěním nejsou potřeba otopné plochy, teplovzdušné vytápění je pružnější (hned topí, reaguje okamžitě na regulaci), ale k dosažení tepelné pohody díky absenci sálavé složky vyšší teploty vzduchu, což vede k odlišnému vnímání tepelné pohody uživatele a využití rekuperace. Samotné dohřívání vzduchu se děje buď ve výměníku, kdy vzduch přebírá teplo od vody, nebo je dohříván elektrickou spirálou za rekuperací. Teplovzdušné vytápění může být instalováno ve dvou různých systémech a to systémy s cirkulačním provozem a systém s ventilačním nebo kombinovaným provozem.

#### **A.5.1.1 Systémy s cirkulačním provozem**

Systém je používán především v zámoří USA, Kanada a skandinávských zemích. Hlavní součástí systému je teplovzdušný agregát, na který je napojené potrubí, které rozvádí teplý vzduch po jednotlivých místnostech. Nasávání cirkulačního vzduchu se volí většinou v takových místnostech, kde se neočekává trvalý pobyt lidí (chodby). Transport vzduchu mezi místnostmi a chodbou se zajišťuje větracími mřížkami, které umísťujeme do dveří. Systém s cirkulačním provozem není vhodný do pasivních domů.

#### **Teplovzdušný agregát – teplovzdušný kotel**

Teplovzdušné agregáty (kotle) jsou hojně využívány v zahraničí. Můžeme je dělit podle primárního paliva na plynové, olejové nebo elektrické. Tvoří se vždy z ventilační a filtrační jednotky, ohřívacího dílu a regulace. Dopravu vzduchu většinou zajišťují radiální ventilátory, které jsou velmi málo hlučné. U plynových a olejových agregátů se ohřívací díl skládá z hořáku a výměníku tepla (spaliny – vzduch). Jednotky s atmosférickým hořákem v provedení otevřeném i uzavřeném musí mít vždy zajištěn nucený odtah spalin. Nevýhodou atmosférických hořáků je vysoká tlaková ztráta výměníků a kvůli nízkým teplotám spalin nelze odtah spalin řešit komínovým tahem. Kondenzační teplovzdušné agregáty, kdy kromě spalného tepla se využívá i kondenzační teplo spalin jsou nejlepším způsobem využití tohoto principu ve vytápění. Regulace teplovzdušných agregátů se reguluje pomocí termostatu, který umísťujeme do referenční místnosti. Účinnost kotlu se pohybuje u klasického provedení okolo 80% a u kondenzačního provedení až 96%.



Plynová teplovzdušná jednotka:

- 1 – výměník tepla
- 2 – radiální ventilátor
- 3 – zapalovací automatika a hořák
- 4 – filtrace vzduchu
- 5 – izolovaná skříň jednotky

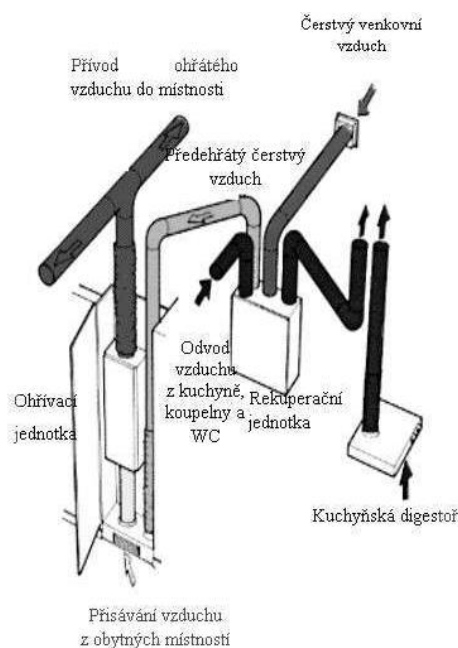
*Obr. 13 – Teplovzdušná jednotka [3]*

#### **A.5.1.2 Systémy s ventilačním nebo kombinovaným provozem**

Teplovzdušné vytápění, které využívá potrubí nuceného větrání objektu, představuje moderní koncepci. Využití systému je vhodné právě pro pasivní domy, které mají nízkou potřebu energie na vytápění.

Kdy je vhodné použití systému:

- Poměr tepelných ztrát prostupem a větráním, kdy hygienicky minimální větrání tvoří více než 50% celkové tepelné ztráty
- Díky dnešním zateplovacím systémům a kvalitou oken se zvyšuje vnitřní povrchová teplota stěn a snižuje se potřeba eliminace negativního sálání, a tím i význam použití otopné plochy v místnosti



*Obr.14 – Kombinace teplovzdušného vytápění s nucným větráním*

### **Zdroje tepla pro systémy s ventilačním provozem**

Je důležité, aby otopný zdroj u systému s ventilačním provozem byl navržen a schopen ohřívat (dohřívat) čerstvý vzduch na požadovanou výpočtovou vnitřní hodnotu. Otopné zdroje můžeme dělit na plynové, olejové a nebo elektrické. Hlavní předností tohoto systému je použití teplovodního kotle, který nám dále může sloužit například pro akumulaci tepla, ohřev teplé vody, nebo vody v bazénu. Je možno využívat i kondenzační kotle.

Elektrickou energii a její využití v systému můžeme rozdělit na dva způsoby. První způsob je nejjednodušší řešení, a to aplikace odporového ohřevu (spirálou) ohřev přímo přiváděného vzduchu a nebo akumulací tepla do vody. Druhý způsob, který je hojně využívaný právě v pasivních domech, je využití solární energie prostřednictvím teplovodních kolektorů s akumulací tepla do vody. Lze využít i tepelná čerpadla, která lze poté použít v rezervním provozu, a tím pádem výhodně použít pro chlazení.

U systému s ventilačním provozem se už dnes počítá s využitím rekuperace, kdy se využívá teplo z odpadního vzduchu (viz. kapitola A.4.1 Zpětné získávání tepla)

### **Rozvody systému (distribuční síť)**

Rozdíl mezi systémem cirkulačním a ventilačním je i v distribuční síti. U systému s cirkulačním provozem, kdy rozvody (kanálky) jsou využívány jen na teplovzdušné vytápění. Výhodou těchto kanálků jsou jejich rozměry, které jsou malé a umožňují nám vedení například v podlahách. Návrh takovýchto rozvodů se zpracovává běžným způsobem a postupem jako pro rozvody vzduchotechniky.

Systém s ventilačním provozem je složitější a to z důvodu, že rozvody jsou používány jak na vytápění, tak větrání domu. Zde se bere velký ohled na umístění distribučních prvků – kde distribuční prvky, které nám přivádějí do místnosti čerstvý vzduch umístíme tam, kde neočekáváme velkou produkci škodlivin (obytné místnosti, šatny, chodby) a naopak u distribučních prvků, které nám odvádějí odpadní vzduch. Umístíme je do míst, kde očekáváme produkci škodlivin WC, kuchyně, koupelny, bazény)

### **Otázka horního a dolního přívodu pro teplovzdušné vytápění**

Firma ALTREA s.r.o ve spolupráci s TU Košice, se zabývaly otázkou, zda je výhodnější přívod teplého vzduchu u podlahy, nebo u stropu. Tohle měření probíhalo na pasivním domě v Košicích.

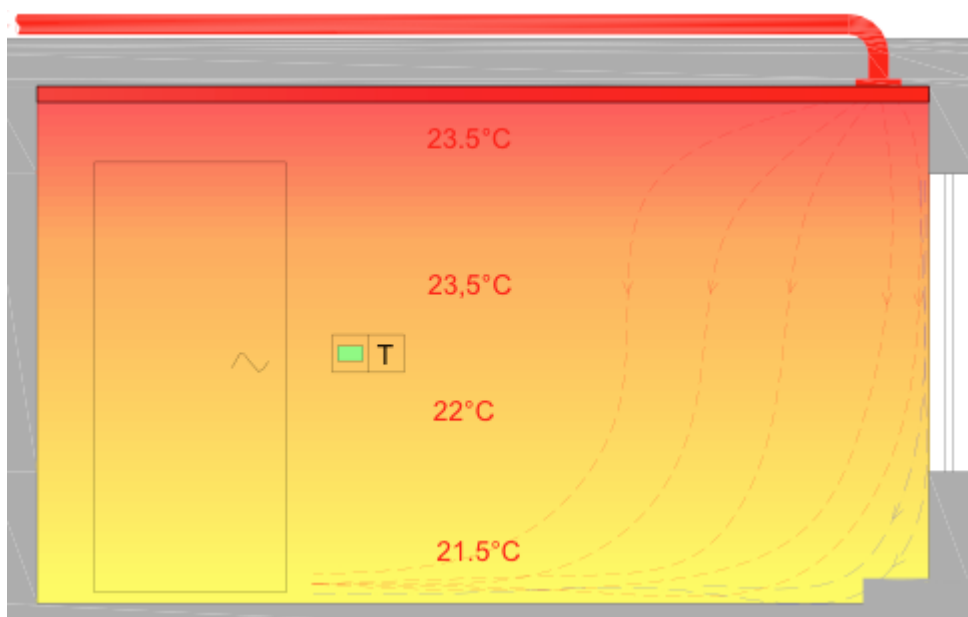
Přívod vzduchu v objektu je řešen jak od podlahy, tak od stropu a je umožněno přepínání přívodu vzduchu mezi horním a dolním rozvodem.



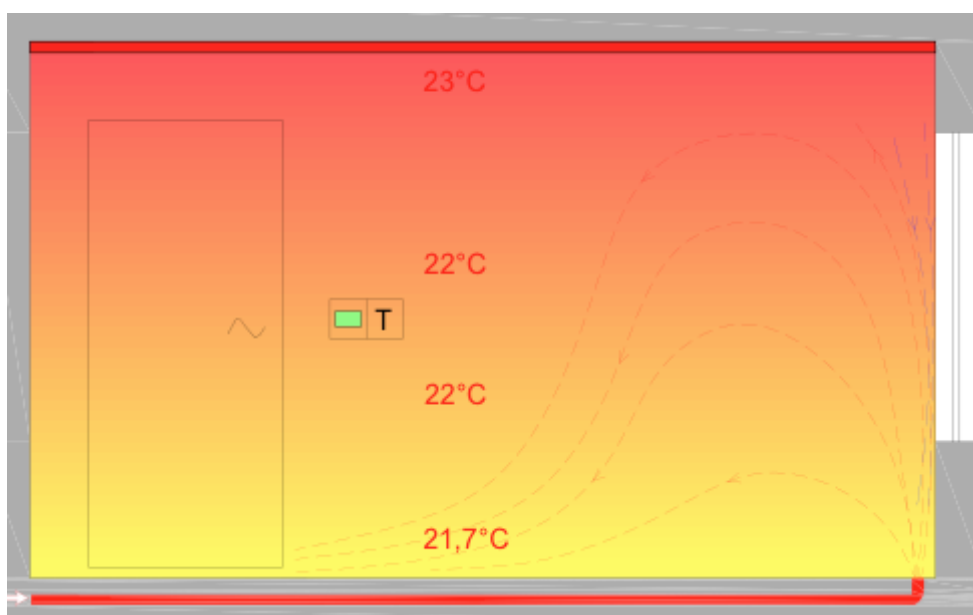
Obr. 15 – Spodní a horní přívod vzduchu [2]

Vyhodnocením horního a dolního přívodu zjistili, že pokud se jedná o budovu, která splňuje podmínky pasivního domu, nezáleží na umístění distribučního prvku. Díky malému množství přiváděného vzduchu a malé rychlosti proudění, není znatelný proud vzduchu a největší promíchání způsobí obyvatelé chůzí po místnosti.

Horní přívod:



Dolní přívod:



*Obr. 16 – Porovnání teplot v místnosti při horním a dolním přívodu [2]*

### **A.5.2 Konstrukce elektrické podlahové otopné plochy**

Pro zhotovení elektrické podlahové otopné podlahy se dnes používají tři typy aktivních prvků:

- Elektrické topné kabely
- Elektrické topné rohože
- Elektricky topné fólie

Použití elektrické podlahové otopné plochy jako hlavního zdroje vytápění u starších objektů bylo a bude velmi neekonomické z důvodu velkých tepelných ztrát.

S příchodem pasivních domů, kdy tepelné ztráty jsou velmi malé, můžeme uvažovat, že jeho primární zdroj energie na vytápění můžeme využít právě elektrickou energii.

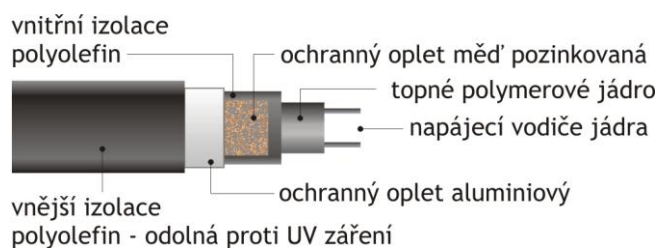
#### **A.5.2.1 Elektrický topný kabel**

Topný kabel se skládá z odporového jádra. V jádru dochází k přímé přeměně elektrické energie v energii tepelnou. Odporová jádra mají většinou kruhový průřez nebo mohou být vyráběny ve tvaru plochého pásu. Kabely se vyrábějí z mědi a jejich výkon se pohybuje od 5 až do 70 W/m.

Pro podlahové vytápění se používají topné kabely s výkonem 10 – 20 W/m. Kabely vytvářejí okruhy, které mají na koncích tzv. studené vodiče. Topné kabely se zahřívají na maximální teplotu jádra 80°C. Požadovaný výkon otopné plochy je závislý na výkonu topného kabelu a na délce.

Zvláštní skupinu topných kabelů tvoří tzv. samoregulační vodiče. Jeho jádro je tvořeno speciálním polymerem, mezi jádrem je můstek z teplotně závislého odporového prvku. Výkon kabelu s rostoucí teplotou klesá po celé délce kabelu a naopak.

#### Průřez topným kabelem ESLR:



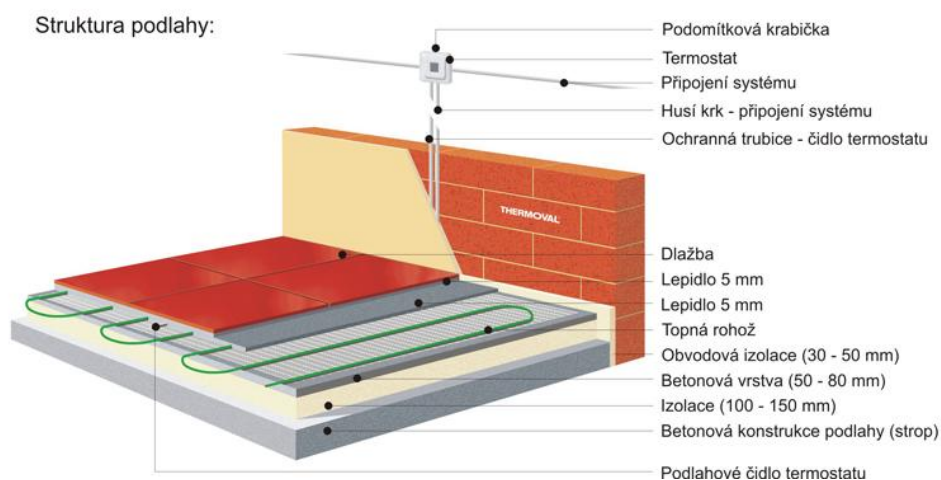
Obr. 17 – Samoregulační vodič [3]

#### A.5.2.2 Elektrické topné rohože

Jsou tvořeny nosným tkanivem, které slouží jako podpora pro přichycení topných kabelů v podobě meandru s maximálním průměrem do 3 mm. Tloušťka rohože se pohybuje v rozmezí 2,5 až 3,5 mm. Výkon topných rohoží se pohybuje od 100-160W/m<sup>2</sup>. Jejich aplikace se využívá při rekonstrukci podlah, nebo jako hlavní otopná plocha v pasivních domech.

Výhody:

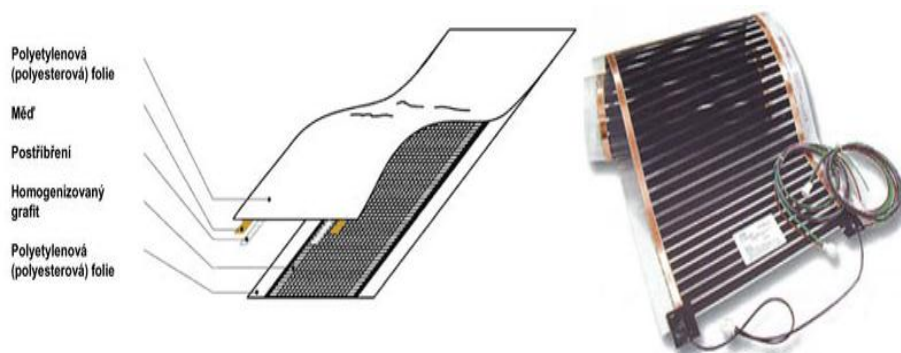
- Rovnoměrné vytápění
- Žádné nároky na prostor
- Energetická úspora



Obr. 18 – Příklad skladby podlahy při použití elektrické rohože [5]

### A.5.2.3 Elektrická topná fólie

Je složena ze dvou laminovaných polyesterových fólií, mezi nimiž je vrstva homogenizovaného grafitu. Napájecí vodiče jsou po stranách fólie. Aktivní šířka fólie je 0,5m a pasivní pásy po okrajích jsou široké 0,05m. Tepelný výkon elektrických fólií se pohybuje od 150 do 200 W/m<sup>2</sup> pro instalaci do betonu, pokud budeme chtít systém zabudovat do dřevěných podlah, tepelný výkon se pohybuje od 60 do 80 W/m<sup>2</sup>.



Obr. 19 – Elektrická topná rohož [3]

### A.5.2.4 Regulace

U elektrického podlahového vytápění se využívá především dvoupolohové regulace. Nejvhodnější je osadit každou místnost vlastním termostatem, který má funkci nočního útlumového programu a spínací hodiny. Dále můžeme použít regulaci podle venkovní teploty či na konstantní teplotu otopné plochy.

## A.5.3 Tepelná čerpadla

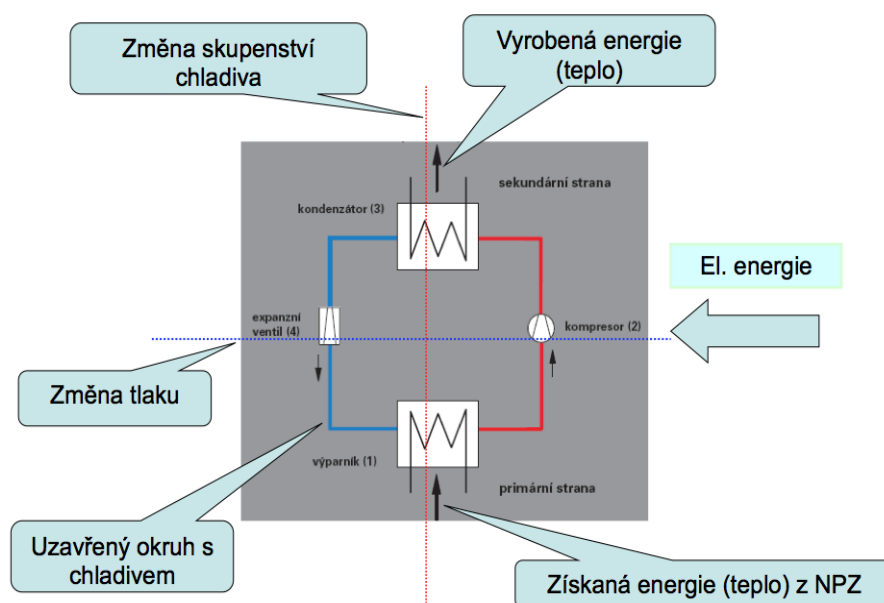
Tepelná čerpadla řadíme mezi alternativní zdroje energie, protože umožňují odnímat teplo z okolního prostředí (vzduch, voda, země). Jak vlastně odnímají teplo z okolního prostředí? Jednoduše můžeme říct, že látku (zemi, vodu, vzduch) ochladíme o několik stupňů, čímž odebere teplo a tuto energii využijeme při ohřevu jiné látky většinou se jedná o vodu, která se může využívat pro bazény, teplou vodu, nebo otopnou vodu. Pro příklad můžeme mít půdu na naší zahradě o teplotě 10°C a ochladíme ji na 5°C, a tím



nám tepelné čerpadlo zajistí ohřátí vody z 40°C na 45°C. Slunce a spodní voda nám zajistí dohřátí půdy na naší zahradě zpět na 10°C. Tepelná čerpadla při svém provozu spotřebovávají pro pohon kompresoru elektrickou energii. Její množství není zanedbatelné a zjednodušeně můžeme říci, že 1/3 svého výkonu spotřebovává ve formě elektrické energie. Zbývající 2/3 tvoří teplo.

#### A.5.3.1 Technický princip tepelného čerpadla

Kompresorový chladicí oběh se skládá ze 4 základních částí – výparník, kondenzátor, kompresor a expanzní ventil. Teplo odebrané venkovnímu prostředí se ve výparníku předává pracovní látce (kapalnému chladivu) při relativně nízké teplotě. Zahřátím chladiva dojde k jeho odpaření a páry jsou následně stlačeny v kompresoru na vysoký tlak. Stlačené chladivo je přiváděno do kondenzátoru, kde při kondenzaci předává teplo do topné vody za vyšší teploty než bylo teplo ve výparníku odebráno. V expanzním ventilu se cyklus uzavírá a dochází ke snížení tlaku chladiva na původní hodnotu ve výparníku. Děj se stále opakuje.



Obr.18 - Principiální schéma kompresního čerpadla [6]

## Kompresor

Kompresor patří mezi nejdůležitější a nejdražší prvky tepelného čerpadla. Má za úkol nasávat odpařené chladicí medium z výparníku a zvyšovat jeho tlak a teplotu. K tomu potřebuje kompresor energii pro vlastní pohon, aby měl dostatečný stlačovací výkon, který je přiváděn z elektrické sítě.

Kompresory dělíme na:

- Pístový
- Rotační
- Spirálový (scroll)

Spirálový kompresor: Scroll kompresor má jednu spirálu obíhající po dráze a další nepohyblivou spirálu, upevněnou k tělu kompresoru. Oběžný pohyb vytváří řadu plynových kapes, které se přemísťují mezi oběma spirálami. Na vstupu dochází k nasávání plynu, který se pohybem přesouvá doprostřed, kde pak vystupuje. Plynové kapsy se při přemísťování dovnitř zmenšují, a tak se teplota i tlak zvyšuje na potřebnou hodnotu.



*Obr.19 - Popis spirálového kompresoru[7]*

video, které dokonale ukazuje, jak pracuje spirálový kompresor, najdeme na:

<http://www.vytapeni.cz/okenko/scroll-kompresor>

## Výparník

Výparník je zařízení, které slouží k výměně energie z okolního prostředí vypařením chladiva. Konstrukce výparníku je vyrobena tak, aby odolávala všem vlivům použitého chladiva, a to jak z hlediska tlaků, ale také z hlediska chemického a korozivního.

Jako výparník se nejčastěji používají 2 druhy výměníku:

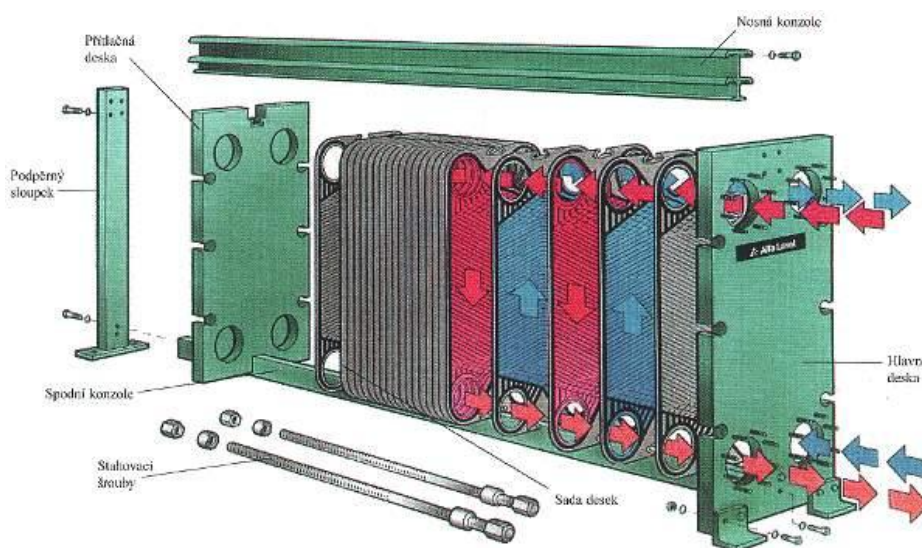
- Deskový výměník
- Trubkový výměník

### Deskový výměník :

Je připojen tak, aby jím média protékala protiproudně. Desky bývají opatřeny prolisy, aby v proudící tekutině docházelo k intenzivnějším turbulencím, a tím k intenzivnějšímu přestupu tepla. Deskový výměník má vysoký součinitel přestupu tepla, a proto je vhodný zejména při ohřevu tepelným čerpadlem, nebo solárními kolektory. Deskové výměníky dosahují účinnosti až 70-90%.

Hlavní výhody

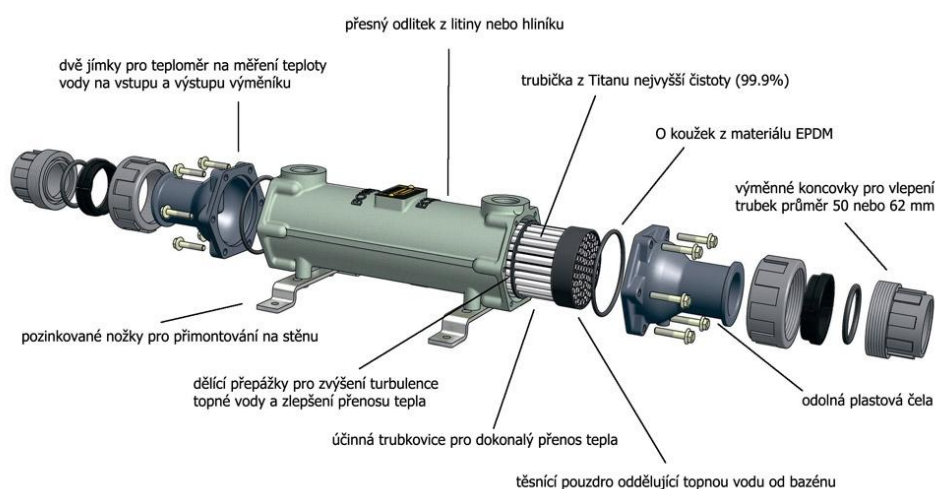
- vysoký součinitel přestupu tepla
- malé rozměry při velkých tepelných výkonech
- vysoká účinnost



Obr.20 – Deskový výměník [8]

### **Trubkový výměník:**

Konstrukčně nejjednodušší typ výměníku se skládá z trubek s nalisovanými lamelami. Jedna tekutina proudí vnitřní trubkou, druhá mezi trubkovým prostorem v plášti. Výměník může být provozován jak souproudý nebo protiproudý. Jsou zabudovány přímo v TČ, slouží pro přívod tepla vzduchem, který je přiveden k TČ vzduchotechnikou z teplého prostoru.



*Obr.21 Příklad bazénového trubkového výměníku [9]*

### **Kondenzátor**

Kondenzátor předává přehřáté chladicí médium tepelnou energii chladnějšímu teplotnímu médiu (např. voda). V důsledku rozdílu teplot proudí teplo od chladicího média k teplotnímu médiu. Tím kondenzuje chladicí médium (přechod ze skupenství páry do kapalného skupenství) a ohřívá se teplotní médium. Vysoký tlak však zůstává nadále konstantní. Tyto výměníky musí být konstrukčně upraveny tak, aby trvale snesly kolísání tlaků chladiva. Dříve byly používány trubkové výměníky – používány hlavně pro chlazení vzduchem, ale momentálně jsou více používány deskové výměníky.

## **Expanzní ventil**

Expanzní ventil je hlavní regulační součástí tepelného čerpadla, má za úkol snižovat tlak, který vyrobil kompresor, aby se tak snížila teplota chladicího média a zároveň zabráňuje nasátí kapalného chladiva kompresorem. Expanzní ventil propouští takové množství chladiva, které je schopno přepravit požadovaný tepelný výkon pro topný systém.

### **A.5.3.2 Rozdělení podle zdroje a teplonosné látky odběru**

Tepelná čerpadla můžeme dělit dle zdroje – to nám určuje, z čeho tepelné čerpadlo odebírá teplo (vzduch, země, voda) a dle odběru, a to nám říká, do které látky tepelné čerpadlo teplo předává (voda, vzduch).

## **Tepelné čerpadlo země – voda**

Tepelné čerpadlo země/voda je způsob vytápění, kde zdrojem je naakumulovaná sluneční energie v půdních vrstvách a horninách. Primárním okruhem pro sběr energie je pak nejčastěji plošný kolektor nebo hlubinný vrt. Výhodou tepelného čerpadla země/voda je tepelný výkon a účinnost nezávisí na teplotě vzduchu a tím pádem teplotní rozsah média v primárním okruhu je během celého roku  $-2^{\circ}\text{C}$  až  $15^{\circ}\text{C}$ . Primární okruh je naplněn ekologickou nemrznoucí směsí s inhibitory koroze.

### **Zemní plošný kolektor**

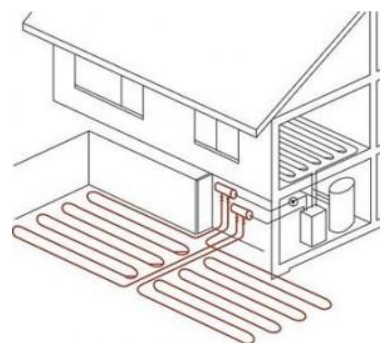
Je to potrubí z polyethylenu, které je uloženo v rýhách hloubky 1200 – 1500 mm s roztečí 800 mm mezi rýhami. Plošným kolektorem proudí nemrznoucí kapalina. Pro tepelné čerpadlo o výkonu 10kW je třeba přibližně 250 – 350 m<sup>2</sup> plochy pozemku.

Výhody:

- Nižší pořizovací náklady ve srovnání s vrty

Nevýhody:

- Potřebnost velké plochy
- Na ploše, kde je umístěn kolektor, nelze stavět



Obr.21 Plošný kolektor [10]

- V zimním období snižování výkonu

#### Hloubkové vrty:

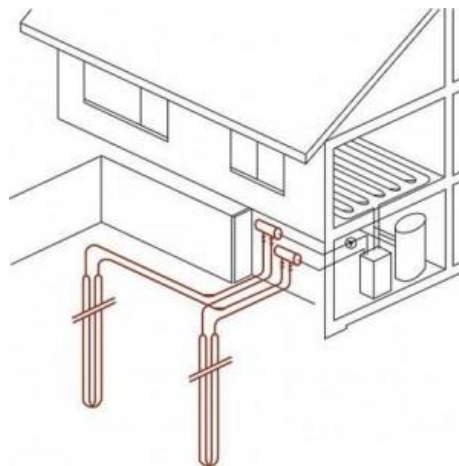
Jedná se o vyvrtané hlubinné sondy, do kterých se umísťuje polyethylenová U-trubka, která slouží získávání geotermální energie. Pro tepelné čerpadlo o výkonu 10kW je potřeba přibližně 120 – 180 m.

Výhody:

- Stabilní teplota zdroje z vrtu

Nevýhody:

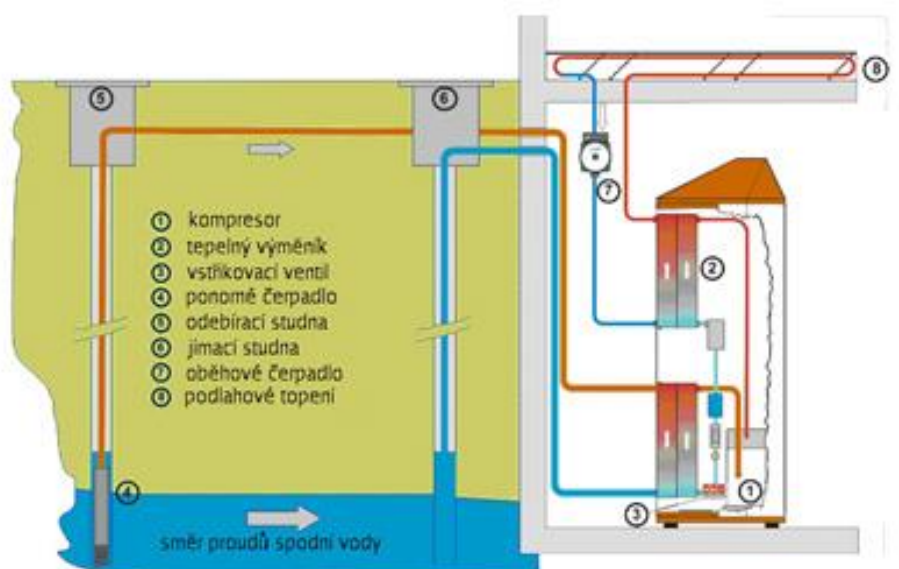
- Vysoké pořizovací náklady



Obr. 22 – Hloubkové vrty[10]

#### **Tepelná čerpadla voda – voda**

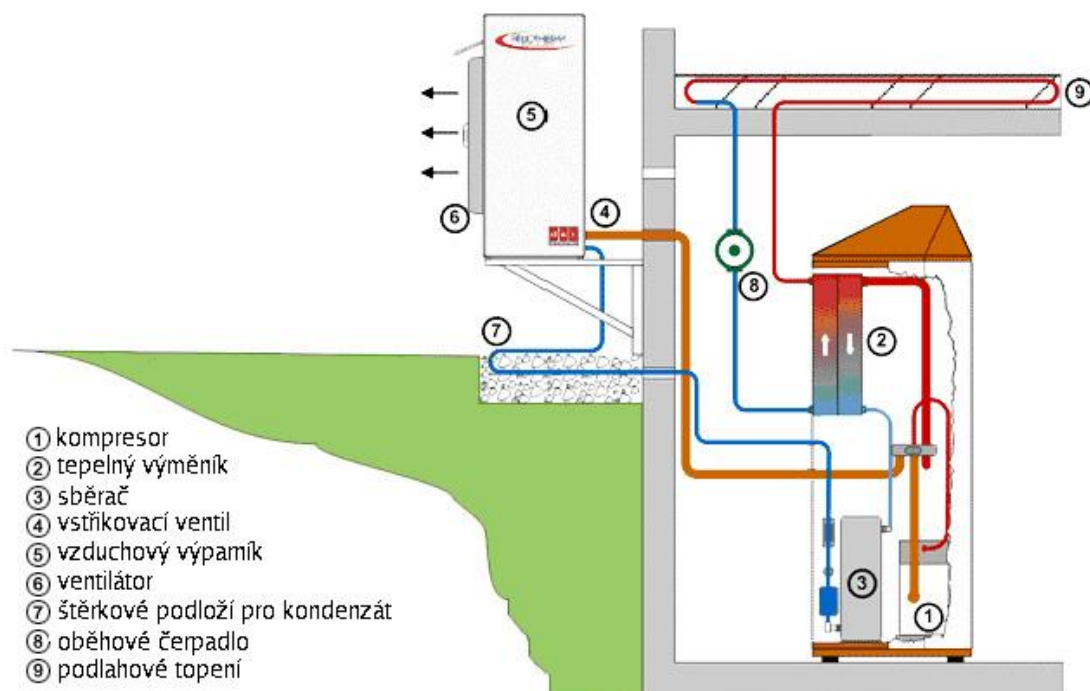
Tepelná čerpadla odebírají teplo ze spodní nebo z geotermální vody. Voda je obvykle čerpána ze studny do výměníku a následně se vrací zpátky do země.



Obr. 23 – Tepelné čerpadlo voda – voda [10]

### **Tepelná čerpadla vzduch – voda**

Tepelná čerpadla odebírají teplo z venkovního vzduchu. Vzduch je nasáván přímo do tepelného čerpadla a získané teplo je použito pro ohřev vody v otopné soustavě, nebo v zásobníku teplé vody.

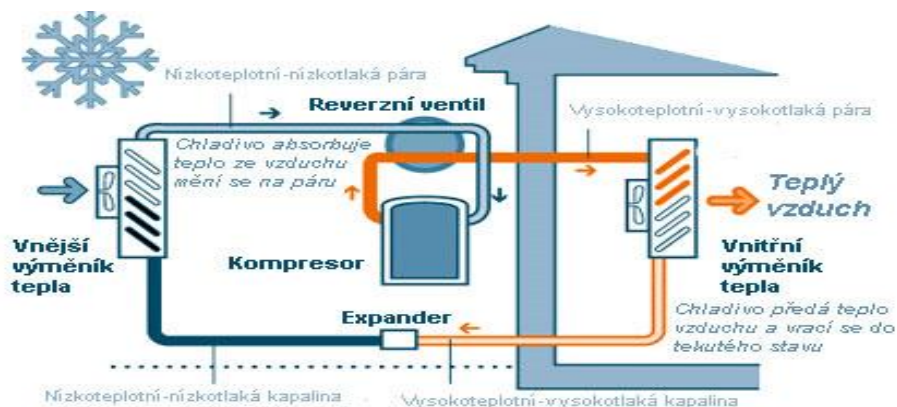


*Obr. 24 – Tepelné čerpadlo vzduch – voda [10]*

### **Tepelná čerpadla vzduch – vzduch**

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z venkovního vzduchu. Vzduch je nasáván do venkovní jednotky tepelného čerpadla, kde je z něj získáno teplo, a to je následně použito pro ohřev vzduchu uvnitř budovy.





Obr. 25 – Tepelné čerpadlo vzduch – vzduch [11]

### A.5.3.3 Topný faktor tepelného čerpadla

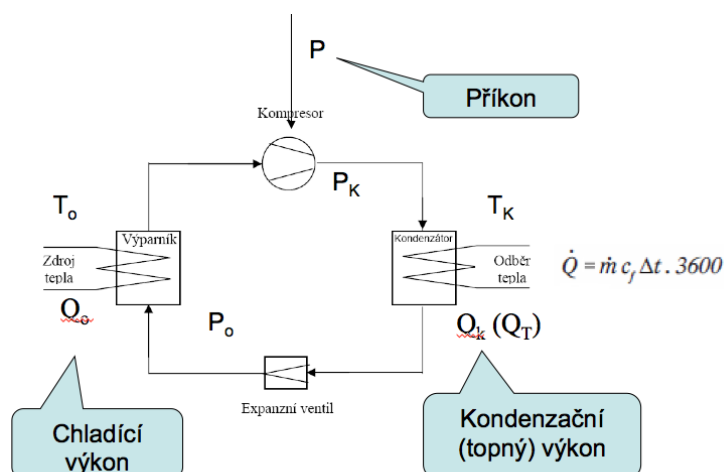
Topný faktor, nebo také COP (Coefficient of performance) je to podíl výkonu a příkonu tepelného čerpadla. Další definici, kterou můžeme najít, je poměr tepla předaného teplotně látky a vynaložené práci. Tepelný faktor čerpadla v podstatě závisí na teplotě nízkopotenciálního zdroje – čím je teplejší zdroj, tím je vyšší účinnost, čili topný faktor.

$$\varepsilon = Q/P,$$

$P$  – Příkon kompresoru [W],

$\varepsilon$  - Topný faktor [-],

$Q$  – Kondenzační výkon + chladicí výkon [W].



Obr. 26 – Topný faktor [6]



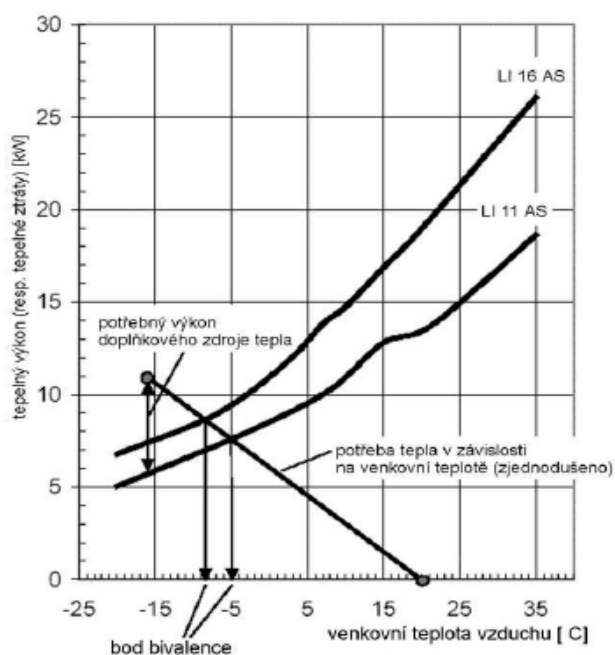
#### **A.5.3.4 Jakou zvolit topnou soustavu pro tepelná čerpadla**

Pro provoz tepelného čerpadla jsou nejvhodnější tzv. nízkoteplotní topné soustavy. Tepelné čerpadlo nás omezuje tím, že je schopno ohřívat topnou vodu maximálně do 55°C. Pokud bychom chtěli tepelné čerpadlo zvolit pro soustavu s otopnými tělesy, která se v současné době běžně projektuje na tepelný spád 75/65°C, musíme při zhotovení projektu navrhovat otopná tělesa s ohledem na nízkoteplotní soustavu s tepelným čerpadlem, například spád 55/45°C. Bohužel tímto krokem musíme použít větší plochy otopných těles, a tím se nám zvětšují pořizovací náklady. Vhodnější variantou pro tepelná čerpadla je teplovodní podlahové (stěnové) vytápění, které se standardně navrhuje na teplotní spád 45/35°C. Čím nižší teplota topné vody, tím je vyšší topný faktor, a tedy úspornější provoz.

#### **A.5.3.5 Bivalentní a monovalentní provoz tepelných čerpadel**

Bivalentní provoz: pokud využijeme tepelné čerpadla společně s dalším zdrojem, jedná se o provoz bivalentní. Nejčastěji jako druhý zdroj se využívá elektrokotel nebo plynový kotel, ale může se využít i sluneční energie. V dnešní době se dají pořídit tepelná čerpadla s integrovaným elektrokotlem. Tepelná čerpadla s bivalentním provozem se navrhují na 70% tepelných ztrát, což odpovídá, že jeho výkon postačuje do venkovní teploty -5°C (tzv. teplota bivalence, kterou si určí projektant). Jakmile klesnou teploty pod bod bivalence, sepíná automaticky druhý zdroj tepla.

Monovalentní provoz: čerpadlo se navrhuje na celou tepelnou ztrátu budovy. Abychom pokryli celou tepelnou ztrátu, musíme pořizovat dražší a výkonnější tepelné čerpadlo, které s velkou pravděpodobností nebude jeho výkon po celou topnou sezonu využívat. Další nevýhodou je, že předimenzované tepelné čerpadlo má podstatně kratší životnost, z důvodu častějšího spínání kompresoru.



Obr. 27 – Bivalentní a monovalentní provoz tepelných čerpadel [3]

### Porovnání nákladů: bivalentní/monovalentní

Olejové vytápění	Plynové vytápění	Tepelné čerpadlo solanka/voda
Průměrný stupeň účinnosti zařízení	Průměrný stupeň účinnosti zařízení	Průměrný roční topný faktor:
$\eta = 85 \%$	$\eta = 95 \%$	$\eta = 4,50$
Cena oleje: 0,62 €/l	Cena plynu: 0,65 €/m <sup>3</sup>	Cena proudu: 0,13 €/kWh den 60 % 0,13 €/kWh noc 40 %
Spotřeba oleje:	Spotřeba plynu:	Spotřeba proudu:
Výhřevnost: 9,40 kWh/l	Výhřevnost: 10,60 kWh/m <sup>3</sup>	
Roční potřeba energie / Výhřevnost × koeficient využití = spotřeba	Roční potřeba energie / Výhřevnost × koeficient využití = spotřeba	Roční potřeba energie / Roční topný faktor = spotřeba
11 900 kWh	11 900 kWh	11 900 kWh
Spotřeba s ohledem na koeficient využití = 1489 l/a	Spotřeba s ohledem na koeficient využití = 1182 m <sup>3</sup> /a	Spotřeba s ohledem na topný faktor = 2644 kWh
Náklady za topný olej/rok:	Náklady za plyn/rok:	Náklady na proud/rok:
$1489 \cdot 0,62 \text{ €} = 923,40 \text{ €}$	$1182 \cdot 0,65 \text{ €} = 768,12 \text{ €}$	$2644 \cdot 0,13 \text{ €} \cdot 0,60 = 206,27 \text{ €}$ $2644 \cdot 0,13 \text{ €} \cdot 0,40 = 137,51 \text{ €}$
Vedlejší náklady/rok:	Vedlejší náklady/rok:	Vedlejší náklady/rok:
Kominík: 50,00 €	Kominík: 50,00 €	
Náklady na údržbu: 180,00 €	Náklady na údržbu: 160,00 €	
	Poplatky za odečet plynu: 190,00 €	Prům. poplatky za odečet proudu: 55,00 €
Ostatní náklady: 0,00 €	Ostatní náklady: 0,00 €	Ostatní náklady: 0,00 €
Roční provozní náklady: 1153,40 €	Roční provozní náklady: 1168,12 €	Roční provozní náklady: 398,78 €

Tab.5 - Porovnání ročních provozních nákladů při vytápění topným olejem, plynem a tepelným čerpadlem [12]

Porovnání ročních provozních nákladů při vytápění topným olejem, plynem a tepelným čerpadlem.

Základní údaje: 1700 provozních hodin, tepelná ztráta domu 7,0 kW, Roční spotřeba tepla  $7 \times 1700 = 11900 \text{ kWh}$ .

Systém s kotlem	Tepelné čerpadlo solanka/voda
Průměrný stupeň účinnosti: $\eta = 80 \%$	Průměrný roční topný faktor: $\eta = 4,50$
Cena energie: 0,062 €/kWh	Cena el. proudu: 0,13 €/kWh
Podíl na ročním vyrobeném teple: 2 % tj. $1800 \times 0,02/0,8 = 450 \text{ kWh}$	Podíl na ročním vyrobeném teple: 98 % tj. 17 640 kWh
Energetické náklady: 27,90 €	Energetické náklady: 509,60 €
Kominík: 80,00 €	
Prům. roční poplatky za odečet plynu: 190,00 €	Prům. poplatky za odečet proudu: 65,00 €
Náklady na údržbu: 120,00 €	Náklady na údržbu: 50,00 €
Ostatní náklady: 0,00 €	Ostatní náklady: 0,00 €
Součet: 417,90 €	Součet: 624,60 €
Specifická cena tepla (€/kWh): 0,929	Specifická cena tepla (€/kWh): 0,035

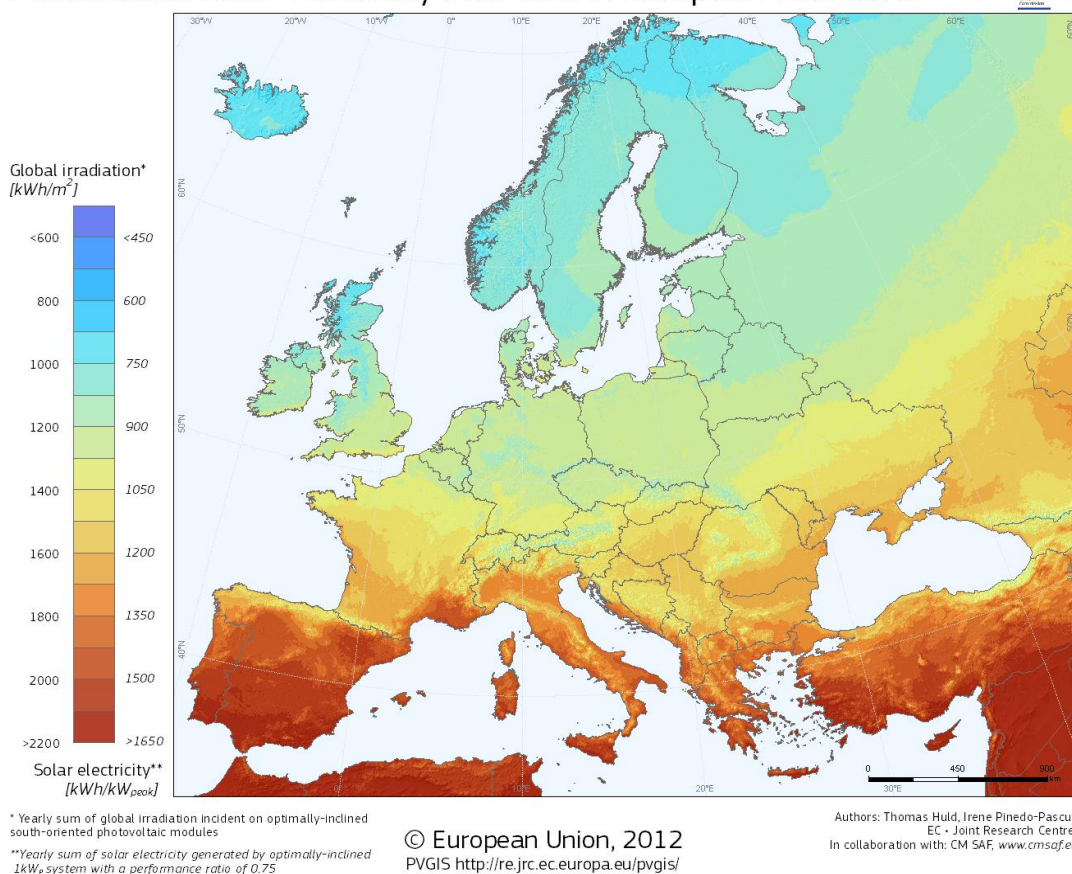
Tab.6 - Balance bivalentního provozu TČ s kotlem, který pokrývá 50 % topného výkonu  
[12]

Balance bivalentního provozu tepelného čerpadla s kotlem, který pokrývá 30 % topného výkonu 10kW. Roční spotřeba energie =  $10,00 \times 1800 = 18\,000 \text{ kWh}$ .

### A.5.4 Solární energie

Slunce dodává na zemi obrovské množství energie, které nevyužíváme a vyrábíme teplo z jiných zdrojů (elektřina, plyn, ..). Jak už jsem naznačil v kapitole „úvod“, že lidstvo s neustálými stoupajícími cenami energií hledá alternativy na výrobu energie a stále více a více slyšíme slova jako alternativní zdroje, které můžeme využívat takřka zdarma. Celkové sluneční záření se skládá z přímého záření ( $I_p$ ) a difúzního ( $I_d$ ). Kdy přímé záření (směrové) dopadá bez rozptylu a má vyšší intenzitu v jednom směru. Difúzní záření (všesměrné) dopadá s rozptylem a má stejnou intenzitu ve všech směrech. Na hranici atmosféry na plochu kolmou k slunečním paprskům dopadne  $I(G_{sk} = 1367 \text{ W/m}^2)$  (solární konstanta). Česká republika leží z pohledu slunečního záření ve středním pásu, kde se roční hodnoty osvitů pohybují okolo  $1200 \text{ kWh/m}^2$  rok viz. mapa (pvgis) a celková doba svitu se pohybuje od 1400 do 1700 h/rok.

#### Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Obr.28 - Evropa a sluneční záření [13]

Možnosti využití sluneční energie jsou dvě – první možností je přímá výroba elektrické energie a druhou možností je výroba tepla – ohřev vody. Téma fotovoltaiky (elektrická energie) je dnes známé a široce diskutované, zejména v souvislosti s dopadem podpory fotovoltaických elektráren do ceny elektřiny pro koncové odběratele. V bakalářské práci bych chtěl vynechat téma fotovoltaických elektráren a chtěl bych se věnovat jen tématu, jak využít sluneční energii ve vytápění a k ohřevu teplé vody.

#### A.5.4.1 Intenzita slunečního záření

Intenzita slunečního záření je závislá na lokalitě, stupni znečištění atmosféry, orientaci absorpční plochy, počasím a ročním obdobím.

Stupeň znečištění atmosféry: zde využíváme součinitele znečištění atmosféry  $Z$  [-], který nám vyjadřuje míru zeslabení zářivého toku při průchodu hmotnou atmosférou viz. tab.

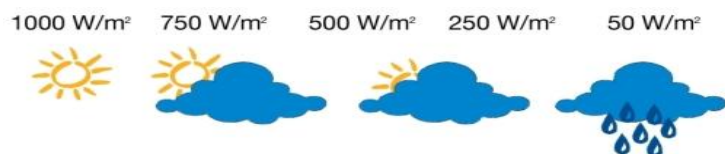
Zjednodušeně lze aplikovat charakteristické hodnoty:

- Horské oblasti –  $Z=2$
- Venkov –  $Z=3$
- Města –  $Z=4$
- Průmyslové oblasti –  $Z=5 <$

Měsíc	Průměrné měsíční hodnoty součinitele $Z$ pro oblasti s rozdílnou čistotou ovzduší			
	horské oblasti	venkov	města	průmyslové oblasti
I.	1,5	2,1	3,1	4,1
II.	1,6	2,2	3,2	4,3
III.	1,8	2,5	3,5	4,7
IV.	1,9	2,9	4,0	5,3
V.	2,0	3,2	4,2	5,5
VI.	2,3	3,4	4,3	5,7
VII.	2,3	3,5	4,4	5,8
VIII.	2,3	3,3	4,3	5,7
IX.	2,1	2,9	4,0	5,3
X.	1,8	2,6	3,6	4,9
XI.	1,6	2,3	3,3	4,5
XII.	1,5	2,2	3,1	4,2
roční průměr	1,9	2,75	3,75	5,0

Tab.7 – Průměrné měsíční hodnoty součinitele  $Z$  [14]

Počasím a ročním období: na obr. zjednodušené hodnoty, které lze aplikovat



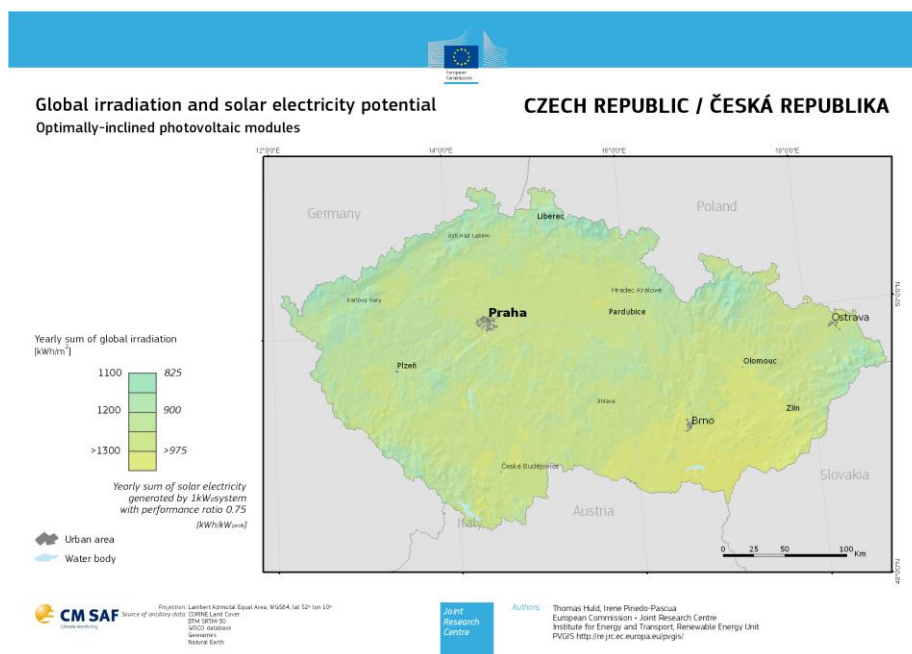
Obr.29 Intenzita slunečního záření, závislá na počasí [6]

Orientací absorpční plochy: Výkon a energie slunečního záření dopadajícího na obecnou plochu mohou ovlivnit zeměpisná šířka, instalace, orientace plochy vůči světovým stranám). Nejvýhodnější orientace absorpční plochy je jihozápadní – kdy je nejvyšší odpolední maximum a s odklonem max +/- 45°.

$\alpha$ (°)		I	II	III	IV	V	VI
	XII	XI	X	IX	VIII	VII	
0	139	188	271	411	484	534	561
15	227	278	371	485	540	581	597
30	299	358	443	537	574	609	611
45	344	412	490	558	580	600	590
60	382	449	520	545	533	515	519
75	392	472	526	520	463	410	394
90	396	479	494	463	373	286	264

Tab.8 – Výkon slunečního záření dopadající na obecnou plochu [14]

### Solární mapa České republiky:

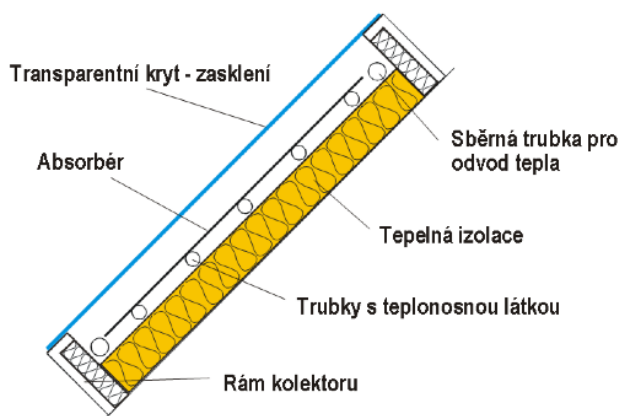


Obr.30 – Solární mapa ČR [13]

#### A.5.4.2 Fototermální přeměna sluneční energie

Přeměnu sluneční energie v tepelnou energii nazýváme fototermální přeměna. Je to jedna z nejjednodušších cest, jak využít sluneční energii. Fototermální přeměna spočívá v absorpci slunečního záření. Základním prvkem je tedy absorpční plocha, která se jímáním slunečního záření ohřívá a obecně se nazývá kolektor (viz. Obr. 31).

Fototermické systémy dělíme na pasivní a aktivní. Pasivní systém – bez použití technického zařízení, bez nároku na elektrickou energii s přirozenou konvekcí (příklad – solární stěna, skleník, okno). Aktivní systém – kdy k přenosu tepla využíváme zařízení typu čerpadla, ventilátoru.



Obr.31 – Popis kolektoru [6]

#### A.5.4.3 Aktivní solární systémy s vodou nebo nemrznoucí směsí

Aktivním systémem označujeme soustavy, kde využíváme různých technických zařízení k přenosu tepla. Kdy k vytápění a k ohřevu vody sluneční energii nestačí samostatný kolektor a připojujeme k němu další prvky topné soustavy, které dohromady vytvoří ucelený celek solární systém.

##### Kapalinové solární kolektory

Kolektor je zařízení, které patří do aktivního solárního systému. Zařízení je určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána



teplonosné kapalině, protékající kolektorem. Kolektory se vyrábějí ve více provedeních se snahou o co nejvyšší absorpci a nejnižší ztrátu tepla do okolí, která se označuje jako emisivita.

Základní rozdělení kapalinových solárních kolektorů:

- Plochý nekrytý kolektor
- Plochý kapalinový neselektivní kolektor (atmosferický)
- Plochý selektivní kolektor
- Plochý vakuový kolektor
- Trubkový vakuový kolektor
- Koncentrační kolektor

### **Nekryté (nezasklené) kolektory**

Název už nám napovídá, že kolektoru chybí zasklení tím se zlepšují optické vlastnosti kolektoru, a tím nám odpadají ztráty odrazem na zasklení, ale na druhou stranu kolektory vykazují vysoké tepelné ztráty. Výkon nekrytých kolektorů výrazně ovlivňuje teplota okolí, teplota oblohy, rychlost větru. Hlavním ovlivňujícím parametrem je vítr. S jeho rychlostí rostou tepelné ztráty a výkon kolektoru výrazně klesá. Nekryté kolektory se vyrábějí se plastu, který je odolný vůči UV záření a používají se pro ohřev vody bazénu.



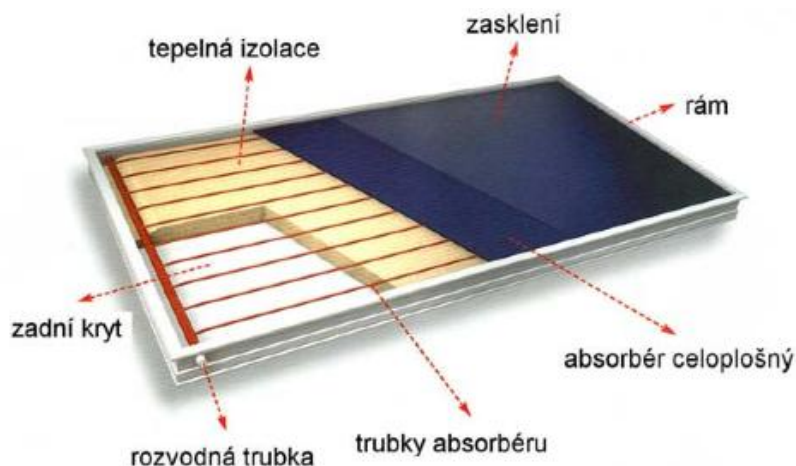
*Obr.32 – Nezasklené kolektory [15]*

### **Plochý kapalinový kolektor**

Ploché solární kolektory se obecně vyznačují plochou aperturou (zasklením) a zpravidla i plochým absorbérem. Sluneční záření prochází plochou zasklení a dopadá na absorbér.



Zde se pohlcuje a přeměňuje na teplo odváděné teplotonosným médiem. Základní částí kolektoru jsou zasklení, rám, vana, absorbér s trubkovým registrem, tepelně izolační výplň. Ploché kolektory nacházejí uplatnění v oblasti integrace do obálky budov (střechy, fasády).



*Obr.33 – Ploché kapalinový kolektor [15]*

### **Ploché vakuové kolektory**

Ploché vakuové kolektory jsou tvarově obdobou plochého kapalinového kolektoru. Výjimkou je, že využívají sníženého tlaku v prostoru skříně kolektoru (nízké vakuum), které nám zajišťuje celkové nízké tepelné ztráty kolektoru. Aby bylo možno využívat vakua, musí být rám kolektoru velmi těsný, proto se tvoří výliskem, který je v přední části uzavřen tabulí solárního skla napojenou na speciální tepelně odolné těsnění. Při instalacích kolektoru je instalován manometr pro indikaci ztráty vakua.



*Obr.33 – Ploché vakuové kolektory [15]*

## Trubkové vakuové kolektory

Trubkové vakuové kolektory jsou kolektory tvořené válcovanou aperturou (zasklení). Prostor mezi absorbérem a zasklením je vakuován na extrémně nízký tlak. Díky extrémně nízkým tlakům s kombinací vakuové izolace a nízkoemisivního povrchu absorbéru, dosahují trubkové vakuové kolektory velmi nízkých tepelných ztrát.

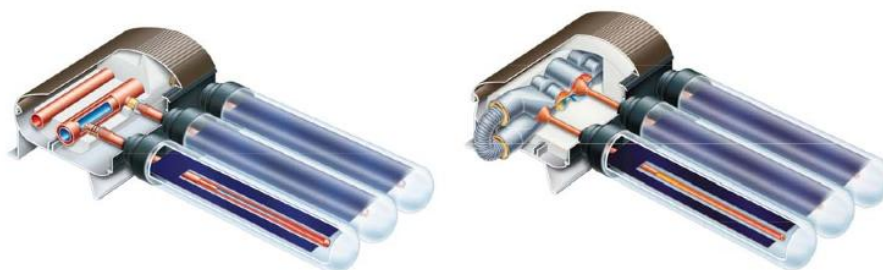
Trubkové vakuové kolektory dělíme dle konstrukce:

- S jednostěnnou trubicí ( označován často jako „evropský typ“ )
- S dvojitěnnou trubicí (označován jako „Sydney“)

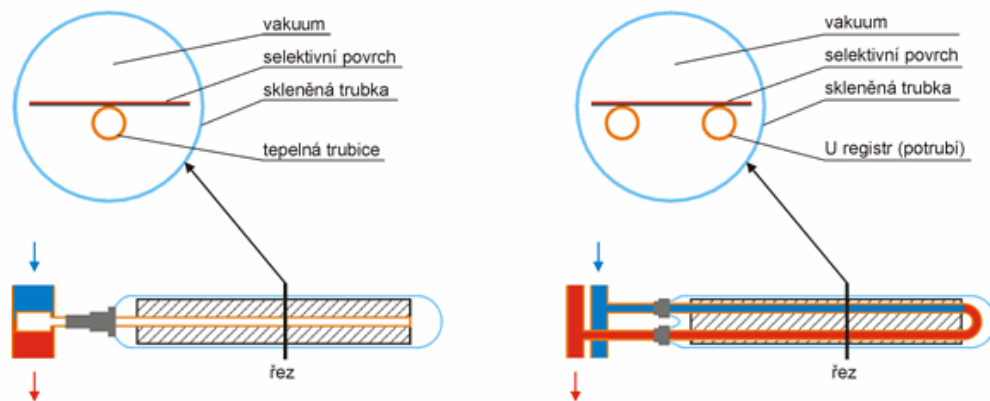
Podle konstrukčního uspořádání odvodu tepla lze oba základní konstrukční typy dělit na podtypy:

- Přímé protékání (u-smyčky)
- S tepelnou trubicí :
  - mokré napojení
  - suché napojení

Trubkové vakuové kolektory s jednostěnnou trubicí – využívají jednoduché uzavřené skleněné trubky, ve kterých je umístěna plochá lamela absorbéru se selektivním povrchem. Odvod tepla z absorbéru zajišťuje tepelná trubice buď přímo protékáním U – registrem nebo přímo protékáním koncentrickým potrubím. U tohoto typu kolektorů je zcela zásadní zajištění dokonalého těsnění prostupu tepelné trubice či potrubí s teplotonosnou látkou skleněnou vakuovou trubicí.

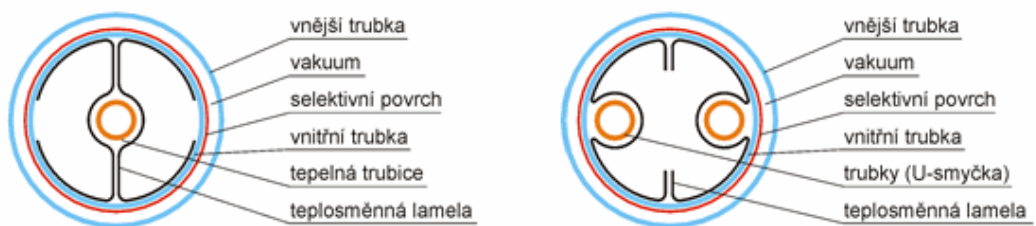


Obr.34 – Trubkové vakuové kolektory [15]



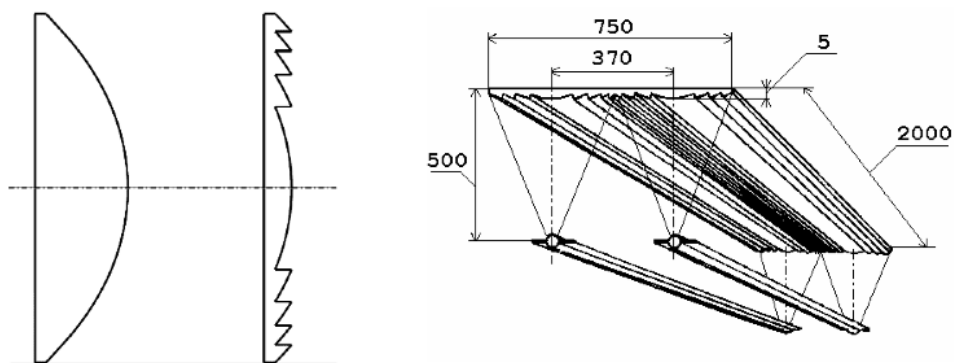
Obr.35 – Plochý vakuové kolektory – jednostěnnou trubkou [6]

Trubkové vakuové kolektory s dvojstěnnou trubkou -Základní součástí kolektoru je tzv. Sydney trubka (válcová dvojstěnná skleněná trubka), vnitřní trubka, která slouží k zachycování slunečního záření a přeměně na teplo (absorbér). A vnější trubka slouží jako ochrana proti atmosferickým vlivům. Prostor mezi oběma trubkami je vakuován. Řešení je podobné jako u jednostěnného trubkového kolektoru, a to, že jsou konstrukčně řešeny s přímo protékajícím trubkovým registrem nebo s tepelnou trubicí.



Obr.36 – Sydney trubka [6]

Koncentrační kolektor– využívají koncentrace přímého slunečního záření odrazem od zrcadla nebo lomem čoček i do ohniska. Na českém trhu mají zanedbatelný podíl, málo využíváné.



Obr.37 – Koncentrační kolektor [3]

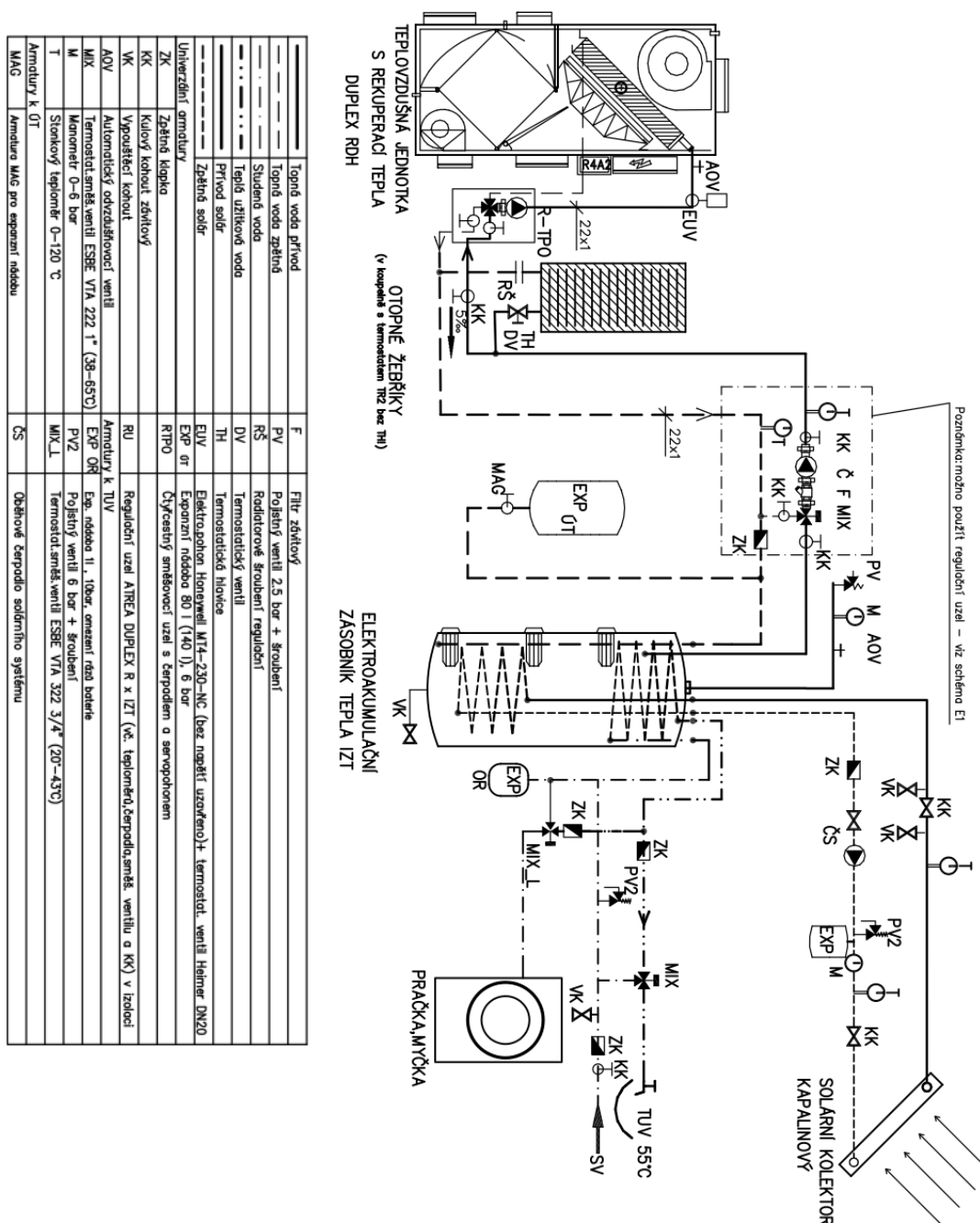
### **Zastoupení na českém trhu**

Nejčastějšími typy kolektorů, se kterými je možné se na trhu v ČR setkat, jsou bazénové nekryté absorbéry (40 až 50 tis. m<sup>2</sup> v roce 2008), ploché atmosférické selektivní kolektory (26,5 tis. m<sup>2</sup> v roce 2008) a trubkové vakuové kolektory, často také nazývané trubicové (8,5 tis. m<sup>2</sup> v roce 2008). Koncentrační kolektory tvoří zatím na českém trhu zanedbatelný podíl.

## A.5.5 Hydraulické zapojení

V předposlední kapitole bych rád použil veškeré systémy, které jsem v předchozích kapitolách nastínil. Systémů, které lze použít, je mnoho. Já zde uvedu jen dvě možnosti a to využití teplovzdušného vytápění se solárním ohřevem teplé vody a druhé schéma bude vytápění s tepelným čerpadlem a solárním ohřevem teplé vody.

### A.5.5.1 Schéma zapojení teplovzdušného vytápění a solární ohřev teplé vody



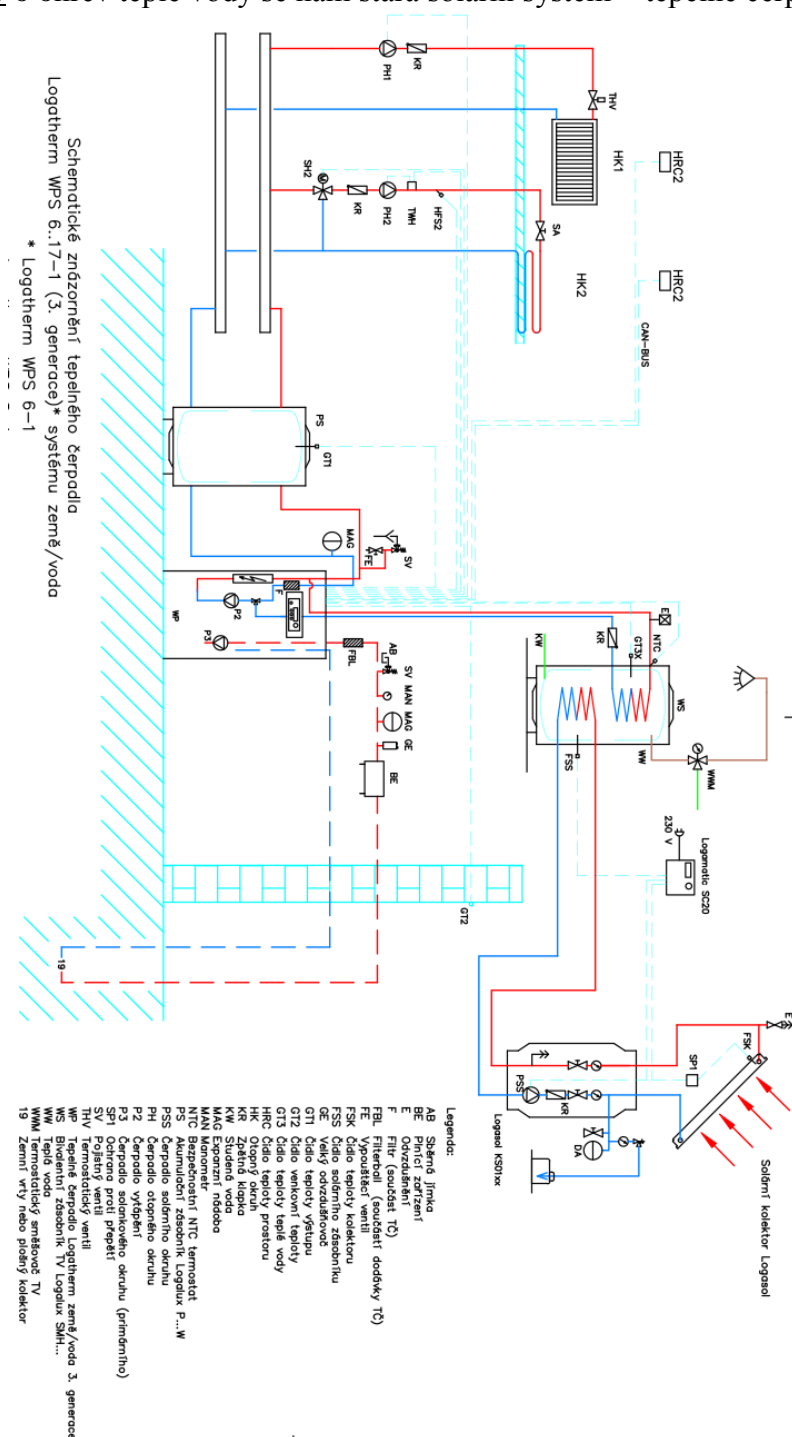
Vytápění: jak na schématu můžeme vidět, o vytápění se nám stará teplovzdušná jednotka, která využívá na ohřev přiváděného vzduchu jak rekuperaci, tak ohříváč, do kterého je přiváděna teplá voda z elektroakumlačního zásobníku.

Teplá voda: o ohřev teplé vody se nám stará solární systém + elektrická energie

### A.5.5.2 schéma zapojení s využitím tepelného čerpadla se solárním ohřevem vody

Vytápění: jak na schématu můžeme vidět, o vytápění se nám stará tepelné čerpadlo (země – voda), čerpadlo nám ohřívá i teplou vodu

Teplá voda: o ohřev teplé vody se nám stará solární systém + tepelné čerpadlo

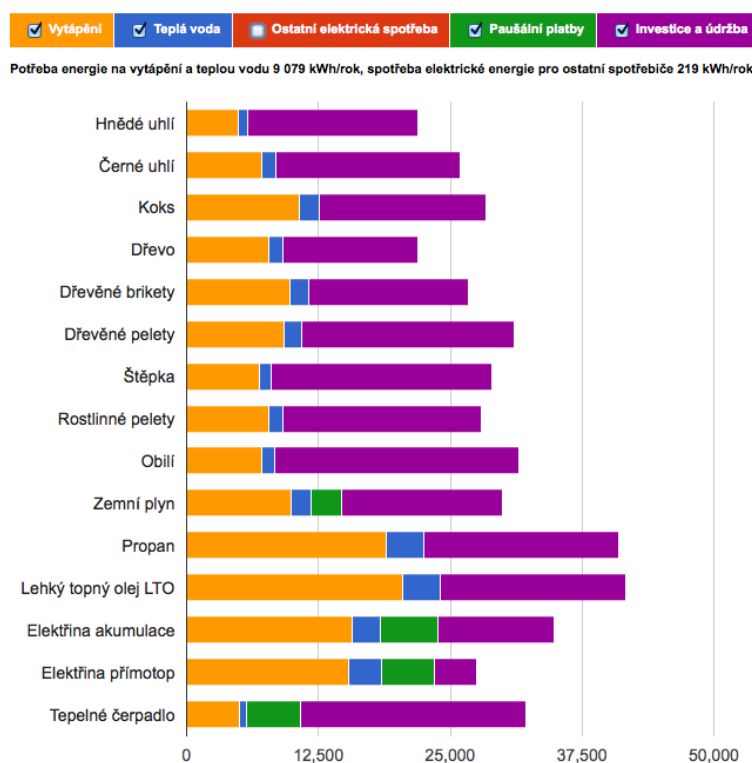


### A.5.6 Ekonomika

Na konci své práce bych chtěl zhodnotit a porovnat ceny , které musíme vynaložit na vytápění a ohřev teplé vody. Budu pracovat s tepelnou ztrátou na budově, kterou zpracovávám v projektu.

Parametry:

- Blansko,  $t_e = -15^{\circ}\text{C}$
- Tepelné ztráty – 9kW
- Plocha A – 413,5m<sup>2</sup>, objem V – 1116,5, výměna vzduchu 0,5 h<sup>-1</sup>
- Počet osob – 4, solární podíl 65%
- Použita rekuperace a nucené větrání – 85%
- Elektrické spotřebiče – nezapočítány



Graf.1 – Porovnání potřeby energie na vytápění a teplou vodu [3]

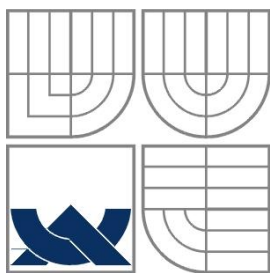
Z grafu můžeme vidět, že nejhorší varianta využití energie na vytápění a přípravu teplé vody je propan, lehký topný olej. Naopak mezi nejlepší můžeme řadit dřevo, elektřinu, tepelné čerpadlo a v poslední řadě i plyn. V rodinném domě, který řeším v projektu,

bych zvolil variantu elektřiny (schéma zapojení kapitola 5.5.1). U tepelného čerpadla jsou jasně vidět vysoké investiční náklady a horší návratnost.

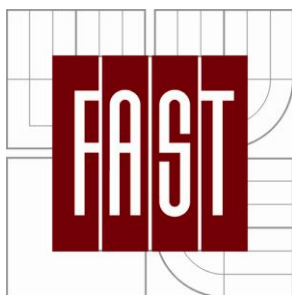
## **A.6 ZÁVĚR**

V bakalářské práci jsem se snažil nastínit problematiku využití technických zařízení budov v pasivních domech. Snažil jsem se popsat nejpoužívanější systémy a technologie, které se nám starají o vnitřní klima budov. Je těžko říci, který systém je lepší nebo který preferovat, protože tahle otázka je velmi individuální a záleží na mnoha aspektech jako např. klimatických podmínkách, velikosti budovy, prioritách a finančních možnostech majitele atd.. Já osobně se přikláním k využití vzduchotechniky a rekuperace + zemního registru společně se solárním ohřevem teplé vody to považuji za nejlepší variantu.





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA RODINNÉHO DOMU AIR CONDITION OF THE FAMILY HOUSE

### B)VÝPOČTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

FRANTIŠEK KOPŘIVA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

DOC. ING. ONDŘEJ ŠIKULA, PH.D.

BRNO 2014

## B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

### B.1 VZDUCHOTECHNIKA

#### B.1.1 Analýza objektu

Rodinný dům se nachází ve městě Blansko (Jihomoravský kraj). Řešený objekt je rozdělen na dva funkční celky a to bazénová hala a pobytová část. Nucené větrání je navrženo jako podtlakové a je cíleno, aby odpadní a znečištěný vzduch jednotka nasávala v podružených místnostech – chodby, WC, koupelny.

**Specifikace prvního celku – bazénová hala:** skládá se z místností bazénová hala, sauna a strojovna VZT o celkové ploše  $66,3 \text{ m}^2$  objemu  $172,49 \text{ m}^3$ . Světlá výška všech místností je 3m, proto byla možná realizace podhledu o výšce 0,4m a tímto se světlá výška snížila na 2,6m. V místnosti bazén, je obdélníkový bazén o ploše  $21 \text{ m}^2$ . Také zde najdeme skleněnou stěnu o ploše  $21,32 \text{ m}^2$ , která je orientována na východ. Skleněná stěna má velmi dobrý vliv na přírodní osvětlení místnosti. Střecha, která přesahuje 1,3m před okny v letním období funguje jako stínění před radiací slunečního záření a v zimním období, kdy slunce je níže, zase přináší do místnosti tepelné zisky. Strojovna VZT o rozměrech 2,5 m x 1,9 m je oddělena konstrukcí, která splňuje EI 45 DP1 (požární odolnost).

**Specifikace druhého celku – pobytová část:** druhý celek se nachází v 1NP a skládá se z místností: obývací pokoj + kuchyně, WC, prádelna, pracovna (pokoj pro hosty), koupelna pro hosty, koupelna, chodba, ložnice a dětský pokoj o celkové ploše  $165,2 \text{ m}^2$  a objemu  $429,52 \text{ m}^3$ . Světlá výška všech místností je 3m, proto bylo možná realizace podhledu o výšce 0,4m a tímto se světlá výška snížila na 2,6m. Výjimkou je místnost prádelna, kde se podhled snižoval a výška činí 0,615 m kvůli křížení potrubí.

V suterénu rodinného domu není použito nucené větrání z důvodu podřadných místností jako garáž, technická místnost a sklad a také z ekonomického důvodu. Větrání je zajištěno okny.

## B.1.2 Vzduchotechnika bazénu

Při návrhu vzduchotechnické jednotky je kladen důraz na odvod vlhkostní zátěže z intenzivního odparu z hladiny, aby nedocházelo k plošné kondenzaci vodních par na povrchu prosklené stěny a na povrchu stavebních konstrukcí a zajištění důkladného pro větrání celého prostoru. Dveře, které spojují bazénový prostor s bytovými prostory, musí být těsné tak, aby nedocházelo k pronikání vlhkosti do pobytových prostor. Vytápění v celém objektu je řešeno podlahovým vytápěním, ale bazénová hala je výjimka a je navrženo teplovzdušné vytápění, a to z důvodu nárazového provozu, který je +/- 1 – 2 hodiny denně. Zde je ideální zvolit teplovzdušné vytápění, které zajistí velmi rychlý náběh teploty vzduchu na požadovanou výpočtovou teplotu během několika málo desítek minut. Bazén v útlumovém režimu bude zakryt bazénovou folií, aby se zmenšila vlhkostní zátěž.

### B.1.2.1 Mikroklimatické parametry bazénového prostoru

#### Provozní režim:

$$t_a = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_w = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$rh = 60\%$$

$$x_i = 14,6\text{ g/kg}$$

$$S = 21\text{ m}^2$$

#### Výpočet empirickými vztahy:

$$V_1 = 11\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 - \text{zimní období}$$

$$V_2 = 16\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 - \text{přechod období}$$

$$V_3 = 32\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 - \text{letní období}$$

$$V_{\min} = 45,36 \cdot 32 = \mathbf{1451,52\text{ m}^3/\text{h}}$$

#### Stanovení množství odpařené vlhkosti:

$$\Sigma X = 180\text{ g}/\text{m}^2/\text{h} \quad \text{rodinné bazény – provoz}$$

$$\Sigma X = 55\text{ g}/\text{m}^2/\text{h} \quad \text{klidná vodní hladina}$$

$$\Sigma X = 60\text{ g}/\text{m}^2/\text{h} \quad \text{podlahové plochy}$$

$\Sigma X = 8 \text{ g/m}^2/\text{h}$       zakryté plochy bazénu

$$V_{min} = \frac{F_b \cdot \Sigma X}{(X_i \cdot X_e) \cdot \rho} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$$V_{min} = \frac{21.180}{(14,6 - 10) \cdot 1,1} = 1038 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### **B.1.2.2 Řešení distribuce vzduchu**

Rozvody vzduchotechniky v prostoru bazénu musí být zásadně z nerezového potrubí, které bude opatřeno výfukovými štěrbinami pro přívod vzduchu, které budou opatřeny regulací. Přiváděný vzduchu bude výfukovými štěrbinami přiváděn na prosklenou stěnu. Rozvody ve strojovně budou řešeny zásadně z těsného potrubí z polyuretanu a bude opatřeno tepelnou izolací ISOVER Orstech LSP 40 tl. 30mm. Odsávání vzduchu bude vyřešeno centrální vyústkou, která je umístěna na protilehlé straně od okenní stěny.

#### **B.1.2.3 Distribuční prvky (prvky)**

Pro přívod vzduchu budou navrženy výfukové štěrby, které budou umístěny u prosklené stěny v podhledu. Budou nastaveny na horizontální výfuk tak, aby ofukovaly prosklenou stěnu. Pro odvod vzduchu bude navržena centrální vyústka, která bude umístěna nad hladinou vody pod stropem.

#### **Distribuční prvky – přívod vzduchu**

Navrhnuté distribuční prvky budou od firmy Trox Série VSD50 s 50 mm širokým čelním vyústěním. Výfuk vzduchu bude nastaven na horizontální výfuk do leva.

Zadaná data: zvolená VSD50 -1, výstup vzduchu horizontální, nastavení klapky na 45°

průtočné množství vzduchu na metr	$V = 27 \text{ l/s.m}$
přiváděný vzduch	$\Delta t_z = +8 \text{ K}$
vzdálenost mezi stropem a zónou pobytu	$H_1 = 1,1 \text{ m (1,2m)}$
vzdálenost středu výustě ke stěně	$x = 0,25 \text{ m}$

délka štěrby

$L_1 = 1050 \text{ mm}$  ( $d = 158 \text{ mm}$ )

počet kusů

$K = 8 \text{ ks}$

tlaková ztráta

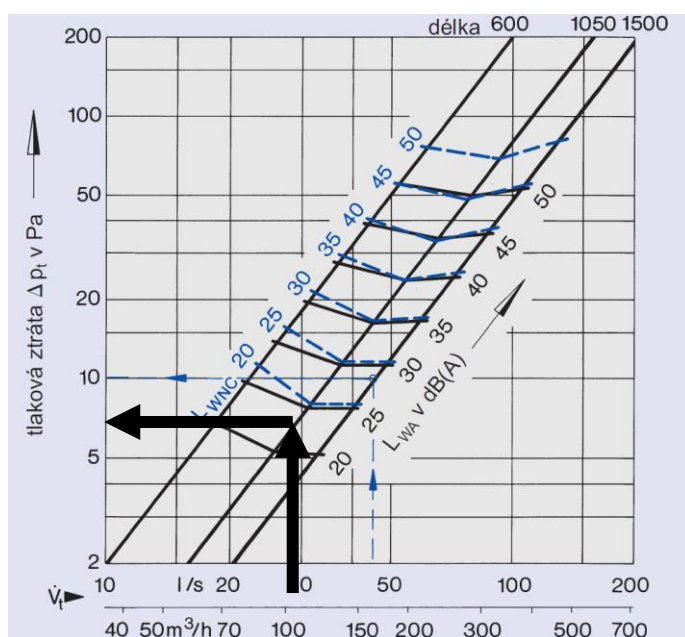
$\Delta p_t = 7 \text{ Pa}$  (graf)

akustický výkon

$L_{wa} = 18+1 = 19 \text{ dB(A)}$  (graf)

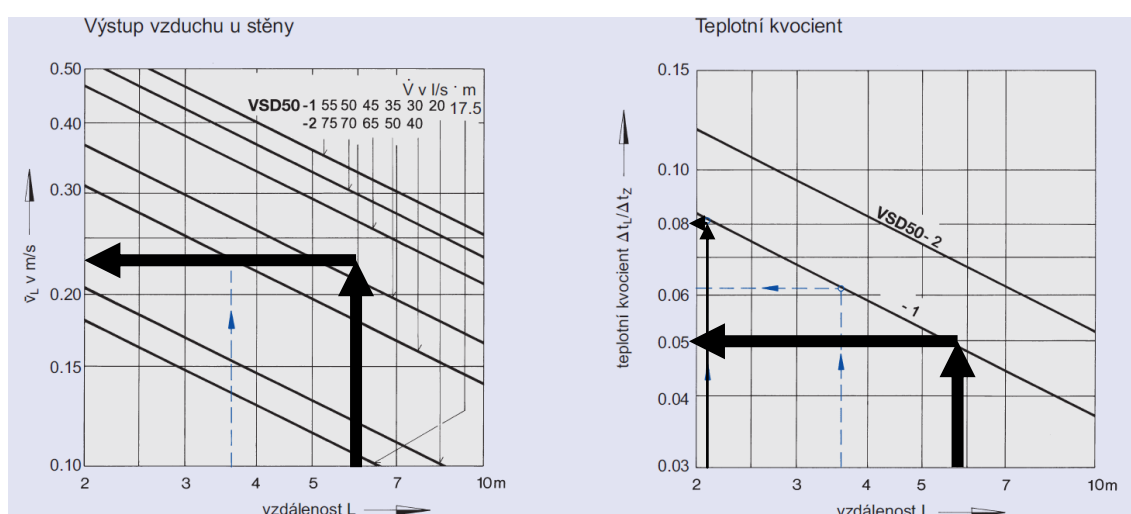
Výpočet efektivní výstupní rychlosti vzduchu  $V_{eff}$ :

$$V_{eff} = \frac{v_t}{s_{eff} \cdot L_1 \cdot 1000} = \frac{27}{0,0092 \cdot 1,050 \cdot 1000} = 2,80 \text{ m/s}$$



Dosah proudu X (m) • VSD50-1										
jednostranné horizontální ke stěně										
V	L <sub>1</sub> (mm)									
	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950
40	3,0									
50	3,0	3,0								
60	4,0	3,0	3,0							
70	5,5	3,4	3,0	3,0						
80	7,1	4,6	3,2	3,0	3,0					
90		5,8	4,0	3,0	3,0	3,0				
100		7,1	5,0	3,6	3,0	3,0	3,0			
110		8,7	6,0	4,4	3,5	3,0	3,0	3,0		
120			7,1	5,3	4,0	3,2	3,0	3,0	3,0	
140				7,1	5,5	4,3	3,5	3,0	3,0	3,0
160					7,1	5,7	4,6	3,7	3,2	3,0
180						7,1	5,8	4,8	4,0	3,3
200						8,8	7,1	5,9	5,0	4,3
220							8,7	7,1	6,0	5,2
240								8,5	7,1	6,1
260									8,3	7,1
280										8,3

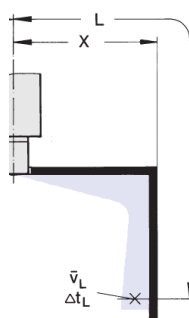
Korekce k diagramu 2: nastavení škrtící klapky							
D = 158 mm		výstup vzduchu horizont.			výstup vzduchu šikmý		
Úhel klapky		0°	45°	90°	0°	45°	90°
L <sub>1</sub> = 600	Δp <sub>t</sub>	x 1	x 1.1	x 1.4	x 1.6	x 1.7	x 1.9
	L <sub>WA</sub>	–	–	–	+ 6.0	+ 6.0	–
	L <sub>WNC</sub>	–	–	–	+ 5.0	+ 5.0	–
L <sub>1</sub> = 1050	Δp <sub>t</sub>	x 1	x 1.3	x 2.1	x 1.7	x 1.8	x 2.5
	L <sub>WA</sub>	–	+ 1.0	–	+ 6.0	+ 5.0	–
	L <sub>WNC</sub>	–	–	–	+ 6.0	+ 6.0	–
L <sub>1</sub> = 1500	Δp <sub>t</sub>	x 1	x 1.3	x 2.8	x 1.5	x 1.8	x 3.2
	L <sub>WA</sub>	–	+ 1.0	–	+ 5.0	+ 4.0	–
	L <sub>WNC</sub>	–	+ 1.0	–	+ 5.0	+ 4.0	–



$$L = X + H_1 = 5,3 + 1,2 = 6,36 \text{ m}$$

$$V_1 = 0,24 \text{ m/s}$$

$$\Delta t_L / \Delta t_z = 0,0052, \Delta t_L = -0,5 \text{ K}$$



### Distribuční prvky – odvod vzduchu

Navrhnutý distribuční prvek pro odvod bude centrální odvodní mřížka od firmy Systemair NOVA-R, která bude umístěna nad hladinou bazénu – pod stropem.

Návrh mřížky:

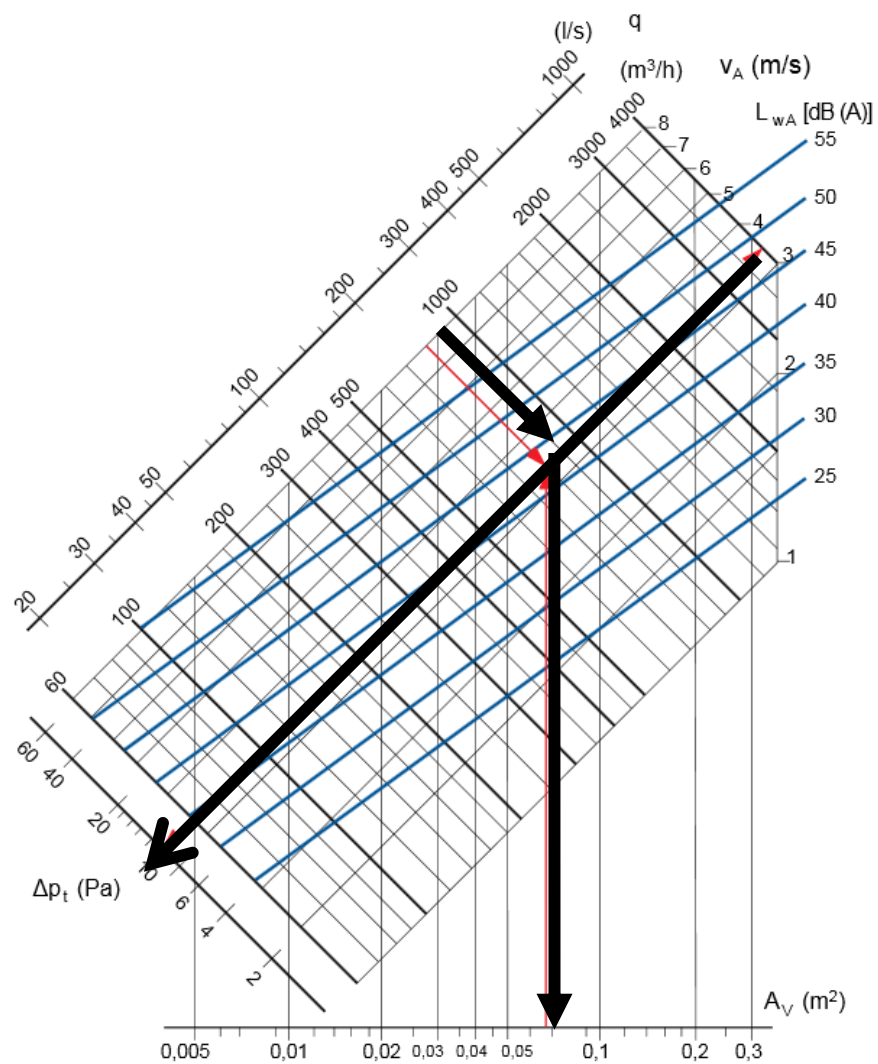
$Q = 942 \text{ m}^3/\text{h}$  (průtok odváděného vzduchu)

$\Delta p_t = 20 \text{ Pa}$  (max. tlaková ztráta)

$V_a = 4,0 \text{ m/s}$  (max. povolená rychlost)

$L_{wa} = 45 \text{ dB(a)}$  (max. hluk)

Zvoleno z diagramu:



Graf 1: Odvod vzduchu pro NOVA-R

**Dle diagramu zvoleno:**

$$Q = 942 \text{ m}^3/\text{h} \quad (A_v = 0,062 \text{ m}^2 - \text{zvoleno } 0,083 \text{ m}^2 - 500 \times 400)$$

$$\Delta p_t = 11 \text{ Pa}$$

$$V_a = 3,5 \text{ m/s}$$

$$L_{wa} = 47,5 \text{ dB(a)}$$

**Umístění a instalace mřížky:**

Mřížka, bude instalována přímo do příčky. Bude zde použit mezikus (přechod z hranatého potrubí na kruhové potrubí viz. obrázek)



$$A \times B = 500 \times 400$$

$$d = 315 \text{ mm}$$

**B.1.2.4 Odvlhčování**

Zařízení je možné provozovat v několika provozních režimech, do kterých jednotka přechází automaticky dle reakce na aktuální požadavky. Ovládání jednotky je možné ovládat pomocí telefonu, nebo dle časového týdenního programu. Při provozu bazénu a následném zvýšení relativní vlhkosti nad 60% zareaguje hygroskop a automaticky se sepne odtahový ventilátor a zajišťuje rovnotlakou výměnu vzduchu s rekuperací a komfortním ohřevem. Jednotka bude osazena 2 ks hygroskopů, je možné využívat výkonů větrání na stř. otáčky (při sepnutí prvního hygroskopu) a max. otáčky (při sepnutí druhého hygroskopu). Díky tomu je možné větrat dle aktuálního požadavku s max. využitím účinnosti rekuperace tepla při nižším výkonu větrání. Společně s odváděnou vlhkostí jsou odváděny i výpary bazénové chemie. Touto jednoduchou výměnou vzduchu je po většinu roku zajištěno udržení vnitřních podmínek. Výjimka může nastat v letním období při delších deštích, že v bazénovém prostoru se zvýší relativní vlhkost,



kdy ale s ohledem na vysokou venkovní teplotu nebude docházet k prochlazování konstrukcí a tím pádem kondenzaci. Jakmile se provoz bazénu přepne do útlumu, přestává se vzduch dohřívat a na udržování teploty nám bude sloužit podlahové topení. Větrání s rekuperací postupně po provozním režimu sníží vlhkost vzduchu v zakrytém bazénu a jednotka se přepne do plně útlumového režimu, kdy šetří provozní náklady. Kondenzace vody v rekuperačním výměníku při větrání zvyšuje jeho účinnost zpětného získávání tepla, odvod této vody je řešen odvodem do kanalizace.

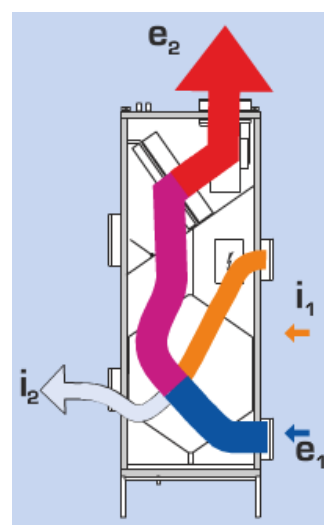
#### B.1.2.5 Větrací a vytápěcí režimy bazénové jednotky Duplex RDH4

##### 1. Větrací rovnotlaký režim

Rovnotlaké větrání s rekuperací tepla

332 m<sup>3</sup>/h. Aktivuje se při zvýšení prostorové vlhkosti hygrostatem, při jinak vypnutém systému.

Oba ventilátory zapnuty, směšovací klapka uzavřená.

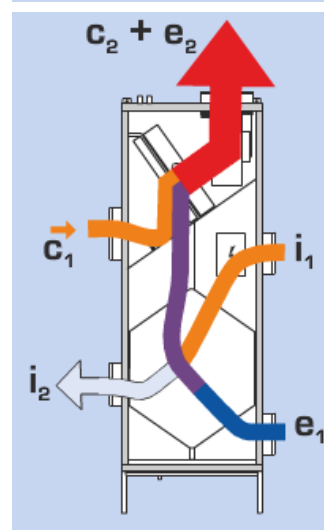


##### 2. Cirkulační vytápěcí a větrací režim

Teplovzdušné cirkulační vytápění a rovnotlaké

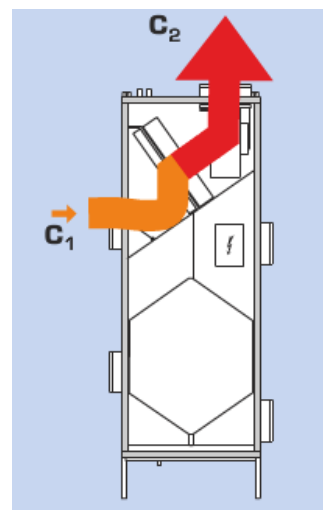
větrání s rekuperací řízené automaticky hygrostatem a čidlem prostorové teploty, s cirkulačním výkonem 606 m<sup>3</sup>/h a větracím výkonem 336 m<sup>3</sup>/h.

Oba ventilátory zapnuty, směšovací klapka směřuje venkovní a cirkulační vzduch.



### 3. Cirkulační vytápěcí režim

Používá se pro vytápění a temperování bazénů bez provozu. Ventilátor odpadního vzduchu vypnut, směšovací klapka zavřena. Při zvýšení relativní vlhkosti přechází automaticky do režimu č.2 díky hygrostatu. Teplota řízena na základě čidla teploty v prostoru bazénu.



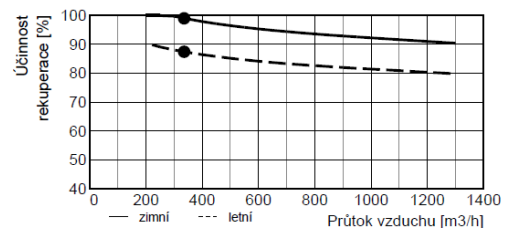
#### **B.1.2.6 Vzduchotechnická jednotka**

Charakteristika jednotky RDH4 DUPLEX:

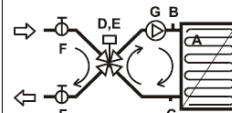
celonerezové provedení rovnotlaké větrací jednotky s možností regulace vzduchu pro větrání a teplovzdušné vytápění (dotápění) bazénu s vodní plochou 35m<sup>2</sup>. Všechny komponenty jednotky jsou provedeny z nerezového materiálu nebo z materiálů odolného náročným provozům bazénů. Umožňuje dotápět prostory, pružně upravovat interiérovou teplotu až do výkonu cca 8 kW (projekt 3,1 kW) bez větrání. Rekuperační výměník jednotky má celonerezový podstavec. V jednotce jsou osazeny EC ventilátory s krytím a v nerezovém provedení, teplovodní ohřívač pro ohřev a dohřev vzduchu dimenzovaný na nízkoteplotní soustavy, by-passová a cirkulační klapka, modul regulace s venkovním a vnitřním čidlem teploty. Vstupy a výstupy vzduchu, UT a elektro jsou na horních a bočních stranách jednotky. Regulace umožňuje připojení čidel relativní vlhkosti a dalších čidel kvality vzduchu, nebo řízení topenářských prvků a zdrojů tepla. Ovládaní je možné pomocí regulátorů řady CP nebo vzdálenou správou díky standartně vestavěnému web serveru. Zařízení není plně vhodné použít do prostoru bazénu se slanou vodou.

**Typ:** DUPLEX RDH4 **Specifikace:** DUPLEX RDH4 / 11 / 1 - ADS 110 - ADS 110 - HYG 6001 - HYG 6001podstavec

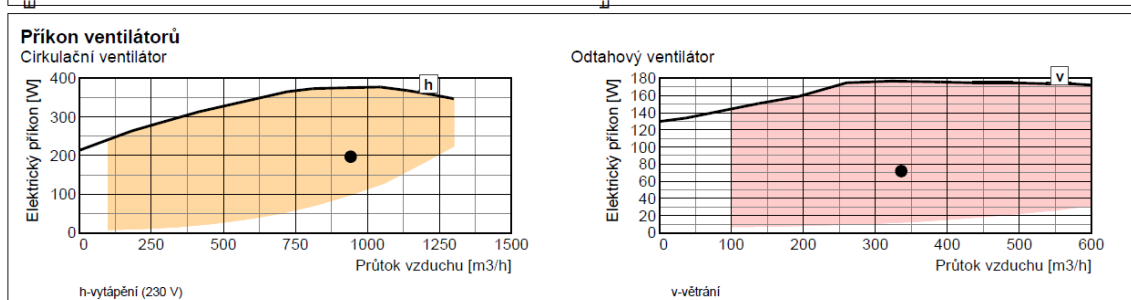
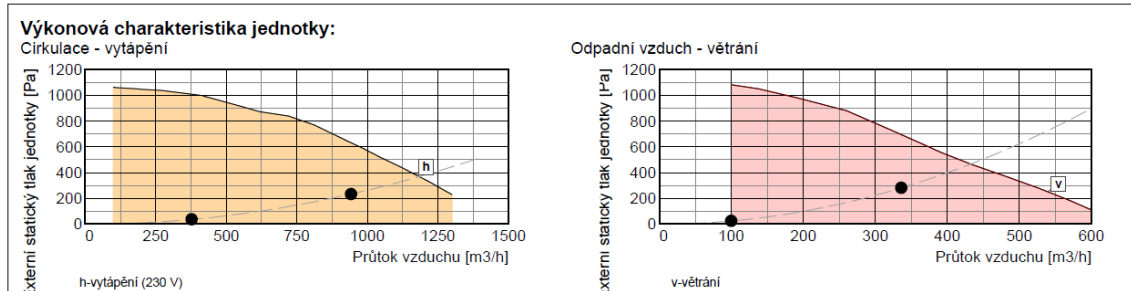
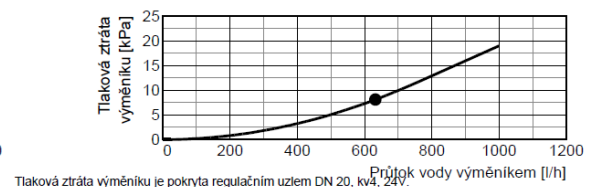
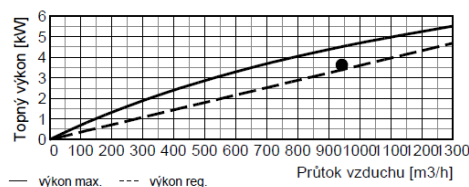
Rekupační výměník		přívod	odvod
Vzduchové množství	m <sup>3</sup> /h	336	336
Vstupní teplota	°C	-12	28
Výstupní teplota	°C	28	8
Vstupní vlhkost	% r.h.	90	60
Výstupní vlhkost	% r.h.	5	100
Účinnost rekuperace zimní (letní)	%	99 (87)	
Výkon výměníku zimní (letní)	kW	4,6 (0,4)	
Tvorba kondenzátu	l/h	3,2	
Typ rekupačního výměníku		S5.B	



Vodní ohřivač		přívod	Průtok vody ve výměníku	Průtok vody ve výměníku	
Topné médium		voda			
Vzduchové množství	m <sup>3</sup> /h	942			
Vstupní teplota (za rekuperací)	°C	28			
Výstupní teplota (za ohřivačem)	°C	39			
Topný výkon	kW	3,6			
Teplotní spád topného média	°C	50 / 42			
Průtok média (ze zdroje)	l/h	404			
Teplotní spád topného média ve výměníku	°C	45 / 40			
Průtok vody ve výměníku	l/h	632			
Typ ohřivače		T RDH4 3R / typ 1			



- Průtok vody ve výměníku**
- B odvětrávací ventil automatický 2)  
C odkalovací ventil zátka 2)  
Regulační uzel: DN 20, kv4, 24V  
D směšovací ventil IVAR.MIX4, Kv 4, DN20 1)  
F kulový ventil 1" 3)  
G čerpadlo EC 20-230 1)
- 1 - dodáváno samostatně  
2 - osazeno a připojeno  
3 - není součástí dodávky, doporučeno



## Vzduchotechnické schéma

Typ: **DUPLEX RDH4** Specifikace: DUPLEX RDH4 / 11 / 1 - ADS 110 - ADS 110 - HYG 6001 - HYG 6001podstavec

### Zimní provoz

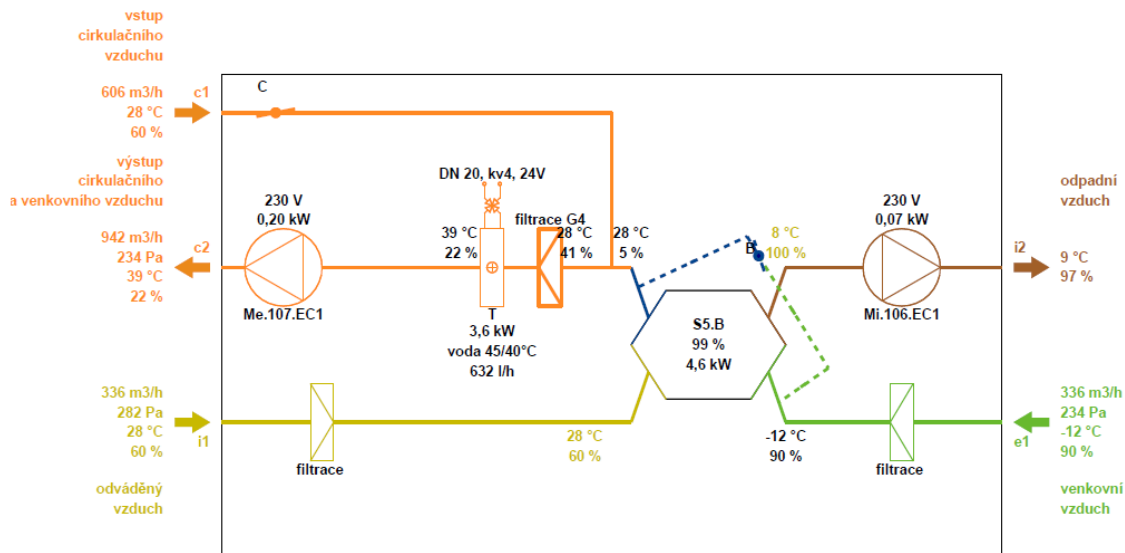
e1 - venkovní vzduch (ODA)

i1 - odváděný vzduch (ETA)

c2 - výstup cirkulačního a venkovního vzduchu

i2 - odpadní vzduch (EHA)

c1 - vstup cirkulačního vzduchu



Poznámka: Schématické znázornění funkcí jednotky. Umístění vstupů a výstupů nemusí přesně souhlasit se skutečným provedením a konfigurací hrdel.

### Letní provoz

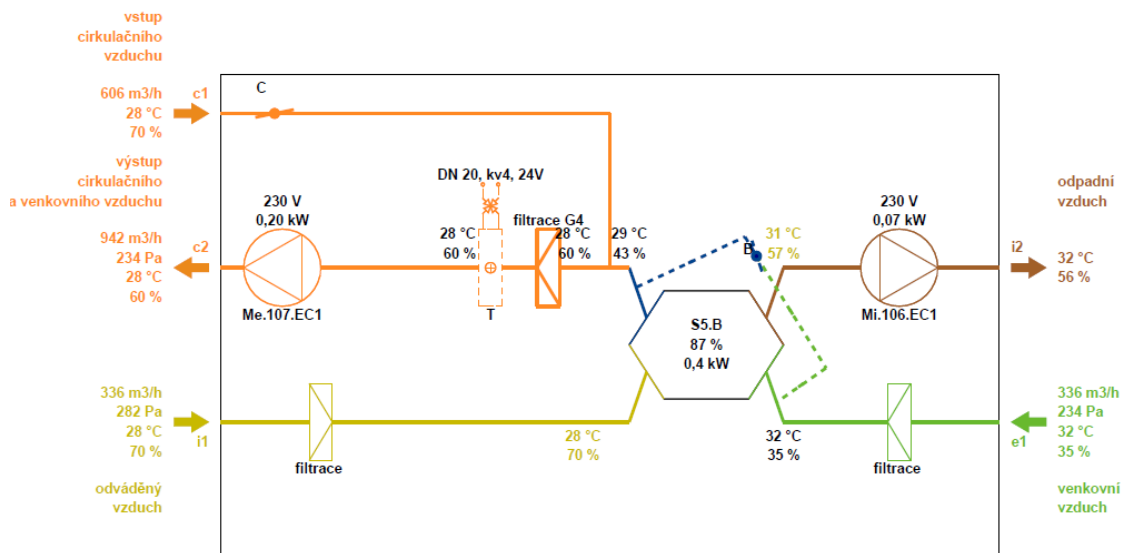
e1 - venkovní vzduch (ODA)

i1 - odváděný vzduch (ETA)

c2 - výstup cirkulačního a venkovního vzduchu

i2 - odpadní vzduch (EHA)

c1 - vstup cirkulačního vzduchu



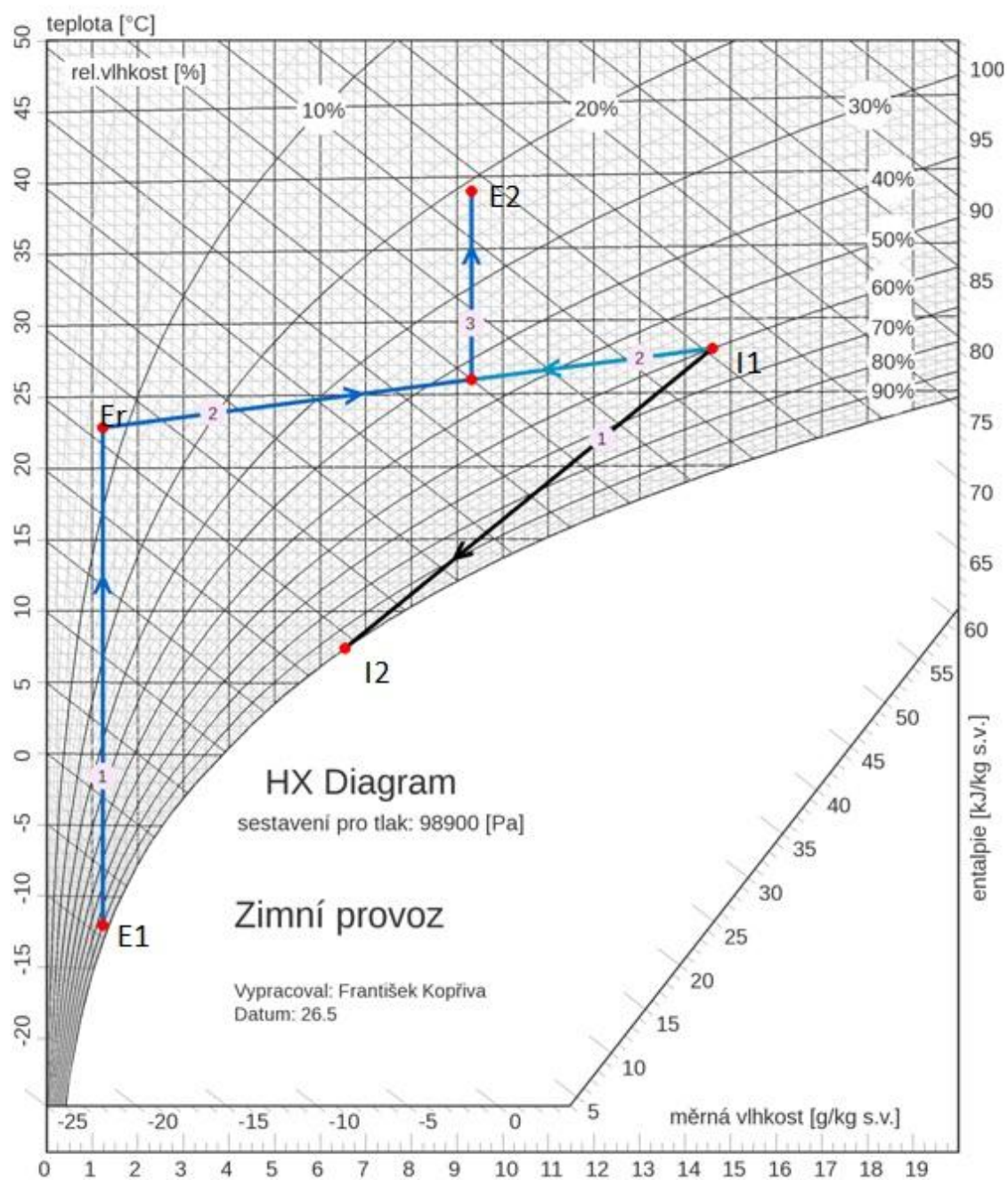
Poznámka: Schématické znázornění funkcí jednotky. Umístění vstupů a výstupů nemusí přesně souhlasit se skutečným provedením a konfigurací hrdel.

Verze programu: 7.40.269 ze dne: 11.3.2014  
Soubor: Vetrani bazenove haly.adu

Vypracoval: František Kopriva

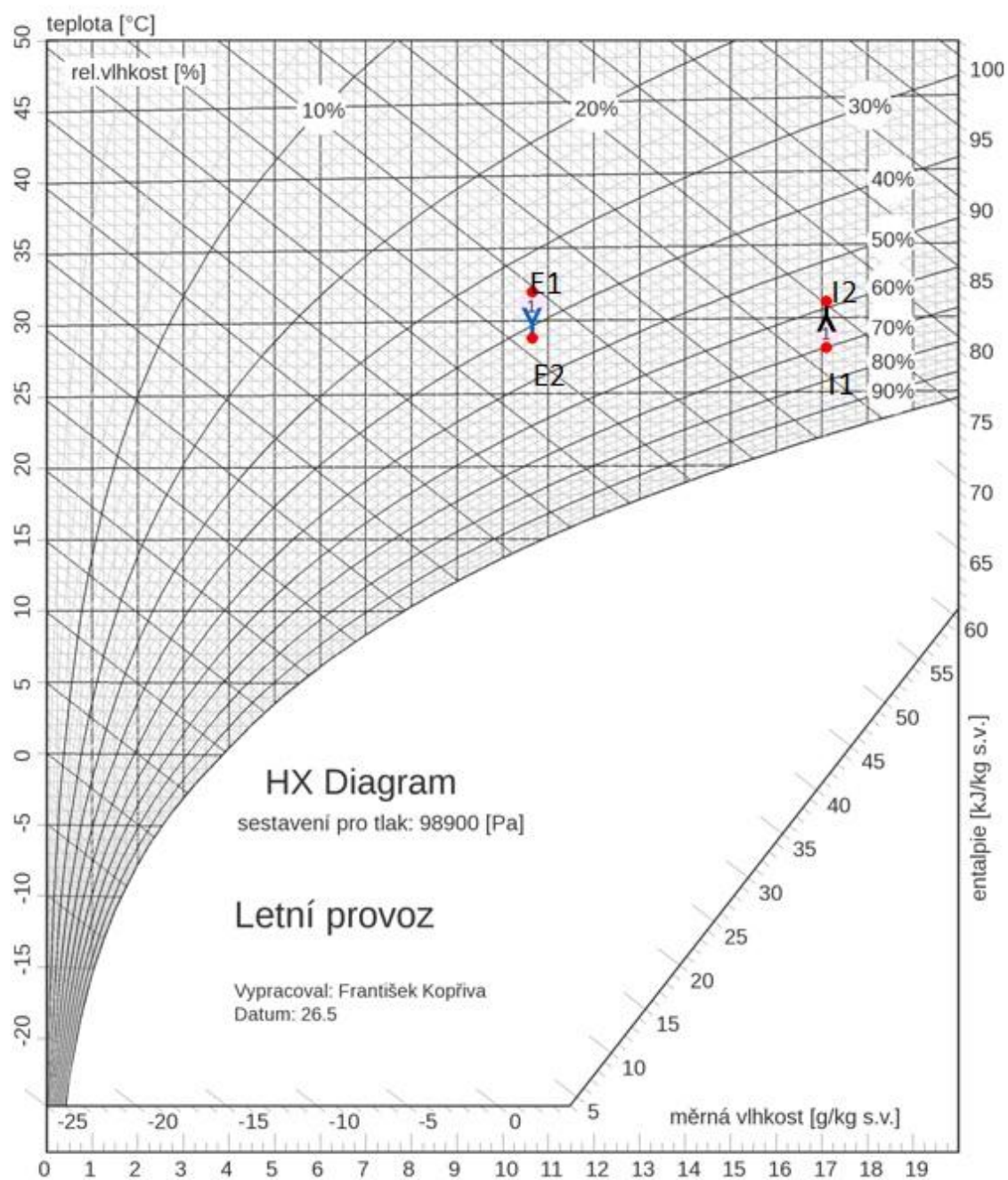
Datum tisku: 22.04.2014

## Mollier – h,x diagramm – bazénová jednotka



<b><u>Přívod</u></b>	T(°C)	Rh(%)
E1 – venkovní vzduch	-12	90
ER - rekuperace	22,9	7
E2 - ohřev	39	21
<b><u>Odvod</u></b>		
I1 - odváděný vzduch	28	60
I2 - rekuperace	7,5	100

## Mollier – h,x diagramm – letní provoz – bazénová jednotka



<b><u>Přívod</u></b>	<b>T(°C)</b>	<b>Rh(%)</b>
E1 – venkovní vzduch	32	35
E2 - rekuperace	28,2	60
<b><u>Odvod</u></b>		
I1- odváděný vzduch	28	70
I2 - rekuperace	32	56



### B.1.2.7 Závěr

Do bazénové haly byla navržena vzduchotechnická jednotka DUPLEX RDH4 (dále jen jednotka), která se bude starat jak o odvlhčení haly, tak i o teplotovzdušné vytápění, které je zvoleno kvůli nárazovému využívání bazénu (odhadováno 1-2h denně). Bazénová hala bude fungovat na dva režimy provozní a útlumový. V provozním režimu bude teplota vzduchu 28°C a teploty vody 26°C, o vytápění a větrání se bude starat vzduchotechnická jednotka. V útlumovém režimu bude teplota vzduchu udržována na 20°C a o vytápění se bude starat podlahové topení, zde se počítá s tím, že vodní hladina bude opatřena bazénovou fólií, která nám bude minimalizovat vlhkostní odpar z vodní hladiny. Distribuce vzduchu byla navržena výfukovými štěrbinami, které budou umístěny do podhledu, a to tak, že budou ofukovat prosklenou stěnu, aby nedocházelo k prochlazení konstrukcí, a tím pádem ke kondenzaci vody. Odvod vzduchu je navržen centrální vyústkou, která je umístěna v příčce nad vodní hladinou. Topná voda pro vodní ohřívač bude přiváděna z rozdělovače a to o spádu 45/40°C.

## B.1.3 Vzduchotechnika rodinného domu

Pro návrh nuceného větrání v rodinném domě nebyly kladeny žádné specifické nároky např. na odvlhčení, vysoké průtoky vzduchu apod. Při návrhu distribuce vzduchu (odvod, přívod) byl zvolen systém podtlakový, abychom dosáhli efektu odsávání odpadního vzduchu v podřadných místnostech jako chodby, WC.

### B.1.3.1 Průtoky vzduchu

Při stanovení množství přiváděného a odváděného vzduchu byla využita tab. Jedinou výjimkou je obývací pokoj s kuchyní, kde je umístěna digestoř – která bude využívána jen po dobu přípravy pokrmů - odvod 290 m<sup>3</sup>/h.

Činnost člověka	V <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /h)
Místnosti pobytové bez kouření	30
Lehce pracující	50
Místnosti s fyzickou námahou	50-90

### Přehled přiváděného a odváděného vzduchu

č. místnosti	Název	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem V (m <sup>3</sup> )	Osoby	Vzduch/osoba (m <sup>3</sup> /h)	Léto		Zima		Přívod (m <sup>3</sup> /h)	Odvod (m <sup>3</sup> /h)
						ti (°C)	φi (%)	te (°C)	φe (%)		
104	Obývací pokoj	60,6	153,1	4	50	28	60	21	60	200	490
105	Wc	1,6	4,2	0	0	28	60	21	60	0	100
106	Prádelna	4,1	10,7	0	0	Nepřivádím ani neovádím žádný vzduch					
107	Pracovna	15,4	40	2	50	28	60	21	60	100	0
108	Koupelna	6,7	17,4	1	50	28	60	21	60	0	180
109	Koupelna	8,4	21,8	1	50	28	60	21	60	0	160
110	Chodba	25,9	67,3	4	50	28	60	21	60	0	240
111	Dětský pokoj	15,3	39,8	1	80	28	60	21	60	100	0
112	Ložnice	27,2	70,7	2	50	28	60	21	60	100	0
Σ										500	1170

#### B.1.3.2 Řešení distribuce vzduchu

Pro distribuci vzduchu jsou navrženy kruhové anemostaty s pevnými lamelami od firmy Elektrodesign ventilátory s.r.o. Jejich hlavní výhodou je nízká hlučnost, malá tlaková ztráta, návrh na malé průtoky vzduchů. Anemostaty budou umístěny do sádkartonového podhledu ve většině případu do středu místností.



#### B.1.3.3 Návrh distribučních elementů

Při návrhu se použila tabulka rychlého návrhu, která byla sestavena na základě laboratorních měření celé řady dle norem ISO5219, ISO5135 a ISO374. Tabulku lze použít pokud:

- Anemostat je umístěn ve středu čtvercové místnosti



- Anemostat je namontován v úrovni stropu
- Výška místnosti je  $3 \pm 0,5\text{m}$

Veškeré podmínky pro použití tabulky projekt splňuje.

Q			Připojovací průměr [mm]					
			160	200	250	315	355	400
			Velikost					
[m³/h]	[l/s]	Ak	6	8	10	12	14	16
100	27,8	V <sub>k</sub>	0,0092	0,0138	0,0206	0,0312	0,0386	0,0477
		X	3,0	2,0	1,3			
		P <sub>c</sub>	0,9	0,8	0,6			
		L <sub>WA</sub>	3,6	1,6	0,7			
120	33,3	V <sub>k</sub>	3,6	2,4	1,6			
		X	1,1	0,9	0,7			
		P <sub>c</sub>	5,1	2,3	1,0			
		L <sub>WA</sub>	4					
140	38,9	V <sub>k</sub>	4,2	2,8	1,9	1,2		
		X	1,3	1,1	0,9	0,7		
		P <sub>c</sub>	7,0	3,1	1,4	0,6		
		L <sub>WA</sub>	9					
160	44,4	V <sub>k</sub>	4,8	3,2	2,2	1,4	1,2	
		X	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	
		P <sub>c</sub>	9,1	4,0	1,8	0,8	0,5	
		L <sub>WA</sub>	14	4				
180	50,0	V <sub>k</sub>	5,4	3,6	2,4	1,6	1,3	
		X	1,7	1,4	1,1	0,9	0,8	
		P <sub>c</sub>	11,5	5,1	2,3	1,0	0,7	
		L <sub>WA</sub>	18	8				
200	55,6	V <sub>k</sub>	6,0	4,0	2,7	1,8	1,4	1,2
		X	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8
		P <sub>c</sub>	14,2	6,3	2,8	1,2	0,8	0,5
		L <sub>WA</sub>	22	12	2			
250	69,4	V <sub>k</sub>	7,5	5,0	3,4	2,2	1,8	1,5
		X	2,3	1,9	1,5	1,2	1,1	1,0
		P <sub>c</sub>	22,2	9,9	4,4	1,9	1,3	0,8
		L <sub>WA</sub>	29	19	10			

#### Značení:

Q [m³/h], [l/s]	-množství vzduchu
Ak [m²]	-volná výtoková plocha
V <sub>k</sub> [m/s]	-výtoková rychlost
X [m]	-minimální horizontální vzdálenost anemostatů
P <sub>c</sub> [Pa]	-celková tlaková ztráta
L <sub>wa</sub> [dB]	-hladina akustického výkonu
NR [dB]	-třída hluku

Při návrhu se hledělo na připojovací průměr anemostatu, průtokové množství vzduchu a na výtokovou rychlost.

#### B.1.3.4 Vzduchotechnická jednotka

Vzduchotechnická jednotka pro nucené větrání v rodinném domě byla použita jednotka Duplex 2000. Kompaktní větrací jednotky řady Duplex 2000 – 8000 se využívají pro komfortní větrání. Jednotky jsou vhodné tam, kde je nutno zajistit efektivní větrání s minimálními provozními náklady (vysoká účinnost rekuperace, nízkým instalovaným příkonem ventilátorů a minimální hlučnost). Jednotka se charakterizuje jako kompaktní agregát, obsahující ve společné skříni dva nezávisle poháněné radiální ventilátory s pružně uloženými motory a křížovým rekuperačním výměníkem. Skříň jednotek je sestavena z rámu ocelového L profilu, na který se připevňují sendvičové konstrukce z hliníkového plechu a polyuretanové výplně. Čelní otvírací dveře zajišťují snadný přístup ke všem agregátům a filtrům. Vstupní a výstupní hrdla jsou kruhového průřezu (Ø280).

##### Přednosti jednotek Duplex:

- Nízké provozní náklady
- Nízká hlučnost
- Nízké pořizovací náklady
- Malá hmotnost
- Kompaktnost jednotky – zaručuje úsporu místa
- Vysoká účinnost rekuperace (v našem případě 87%)
- Vysoká chemická odolnost výměníku



## Vzduchotechnické schéma

**Jednotka: DUPLEX** Specifikace: DUPLEX-BT 2000 / 11/0 - Me.035.EC1.CF - Mi.035.EC1.CF - K750.G - Fe4 - Fi4 - B.LM230A - T.3 - Ke.LF230 - RE-TPO4.LM230A - H.D315 - RMD 230V-EC / 230V-EC.RMD / PKZT - RMT - CM.s - R.W - TE1 - TI1 - ADS 120 - RQ3

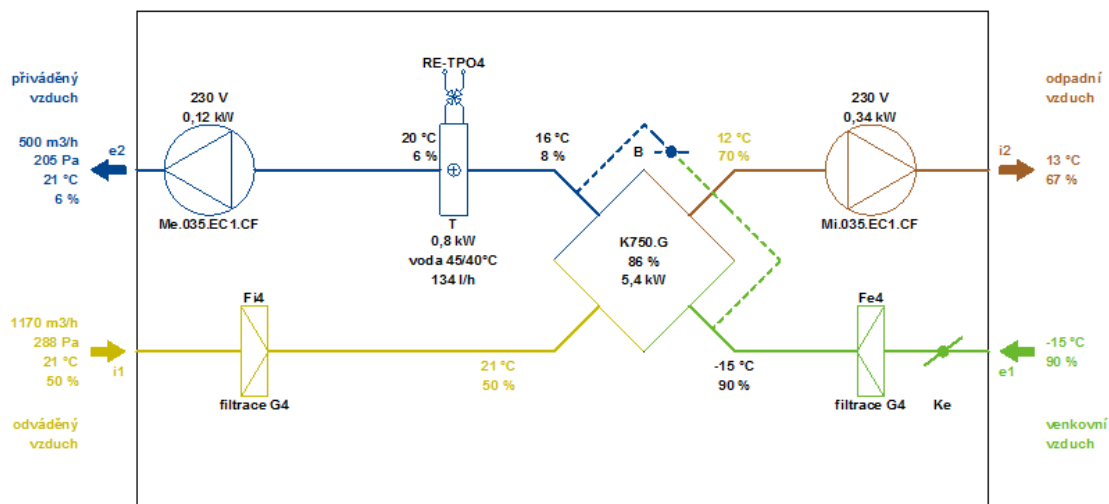
### Zimní provoz

e1 - venkovní vzduch (ODA)

e2 - přiváděný vzduch (SUP)

i1 - odváděný vzduch (ETA)

i2 - odpadní vzduch (EHA)



Poznámka: Schématické znázornění funkce jednotky. Umístění vstupů a výstupů nemusí přesně souhlasit se skutečným provedením a konfigurací hrdel.

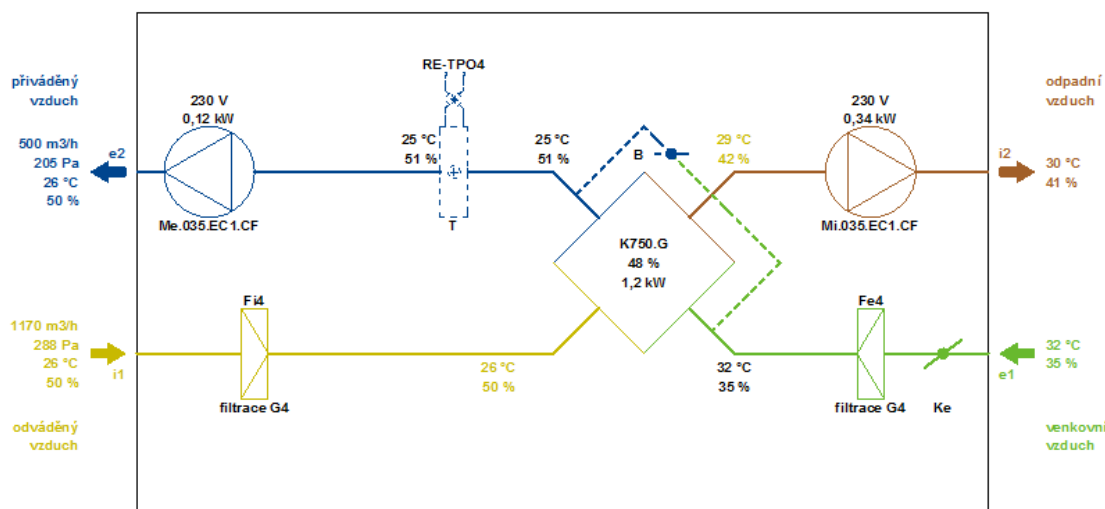
### Letní provoz

e1 - venkovní vzduch (ODA)

e2 - přiváděný vzduch (SUP)

i1 - odváděný vzduch (ETA)

i2 - odpadní vzduch (EHA)



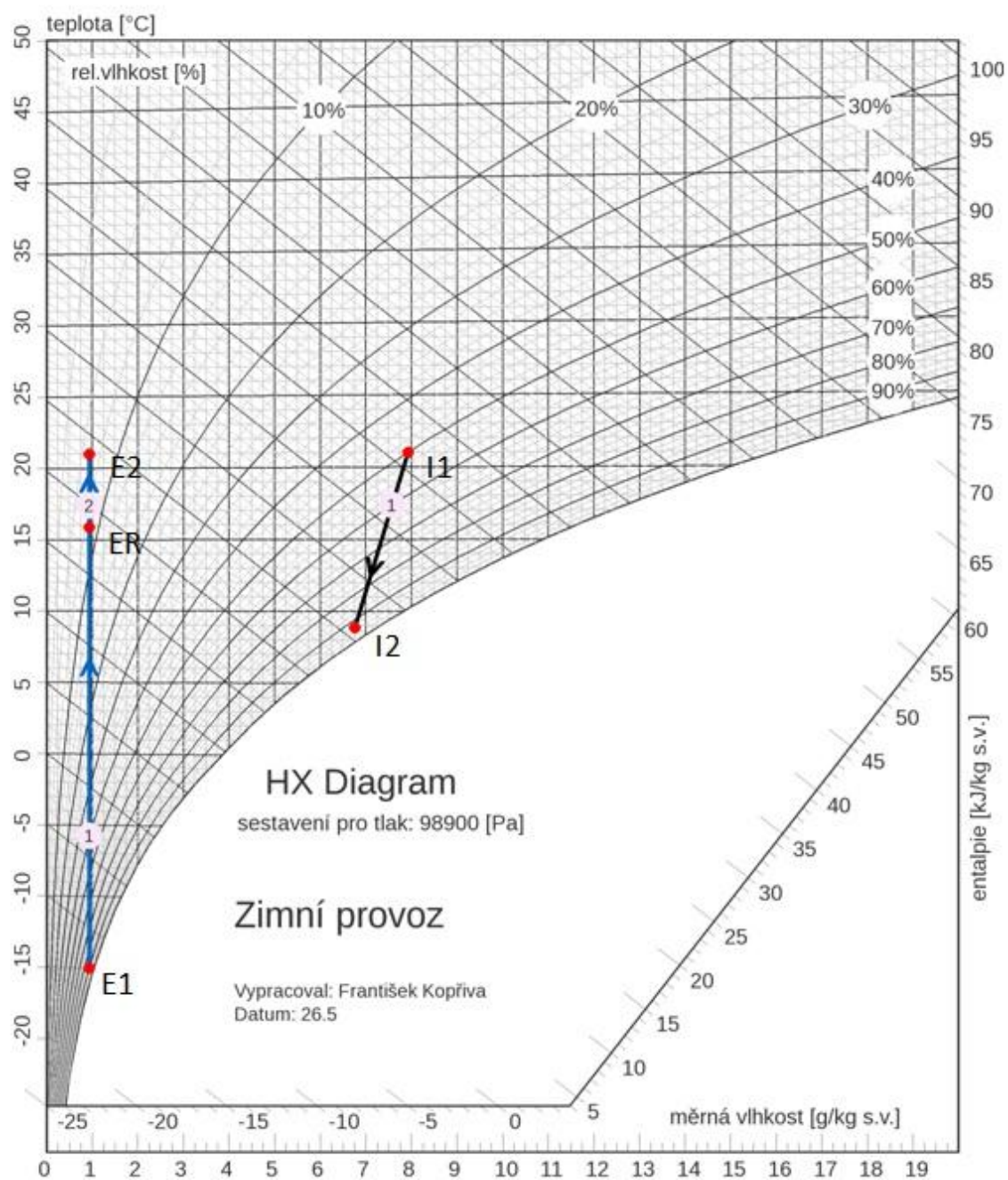
Poznámka: Schématické znázornění funkce jednotky. Umístění vstupů a výstupů nemusí přesně souhlasit se skutečným provedením a konfigurací hrdel.

Verze programu: 7.40.269 ze dne: 11.3.2014  
Soubor: bakalarka.adu

Vypracoval: Kopřiva František

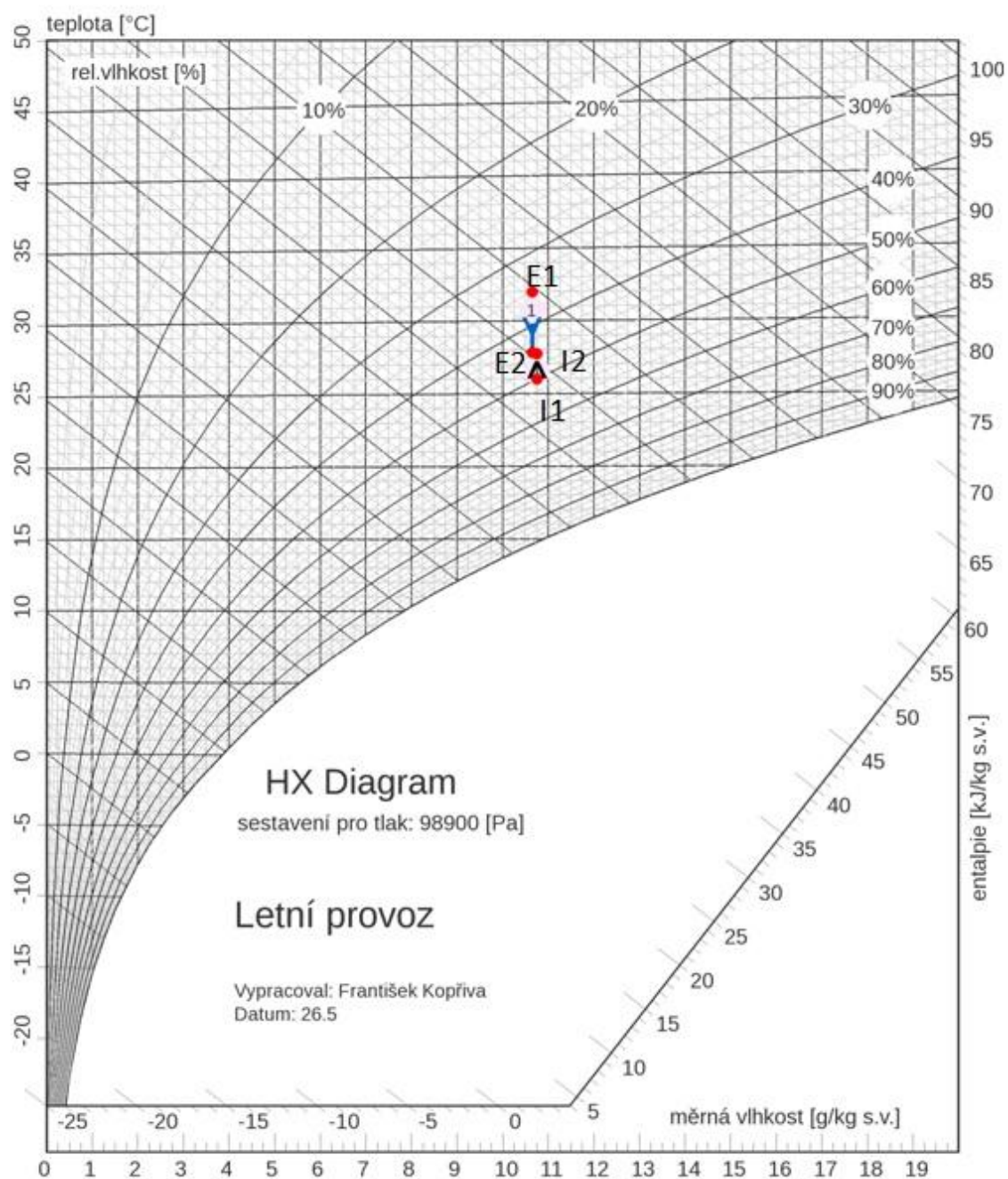
Datum tisku: 26.05.2014

## Mollier – h,x diagramm – zimní provoz – pobytová část



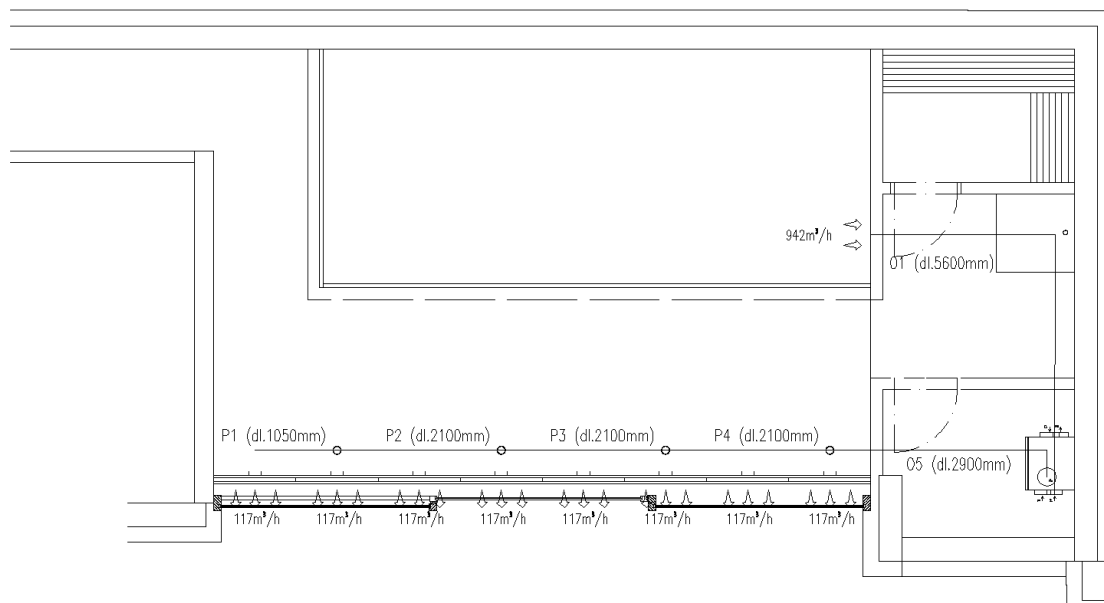
<b><u>Přívod</u></b>	T(°C)	Rh(%)
E1 – venkovní vzduch	-15	90
ER - rekuperace	16	8
E2 - ohřev	21	6
<b><u>Odvod</u></b>		
I1 - odváděný vzduch	21	50
I2 - rekuperace	12,7	67

### Mollier – h,x diagramm – letní provoz – pobytová část



<b><u>Přívod</u></b>	<b>T(°C)</b>	<b>Rh(%)</b>
E1 – venkovní vzduch	32	35
E2 - rekuperace	26,4	48
<b><u>Odvod</u></b>		
I1- odváděný vzduch	26	50
I2 - rekuperace	29,5	41

### B.1.3.5 Dimenzování potrubí – vzduchotechnika bazénové haly



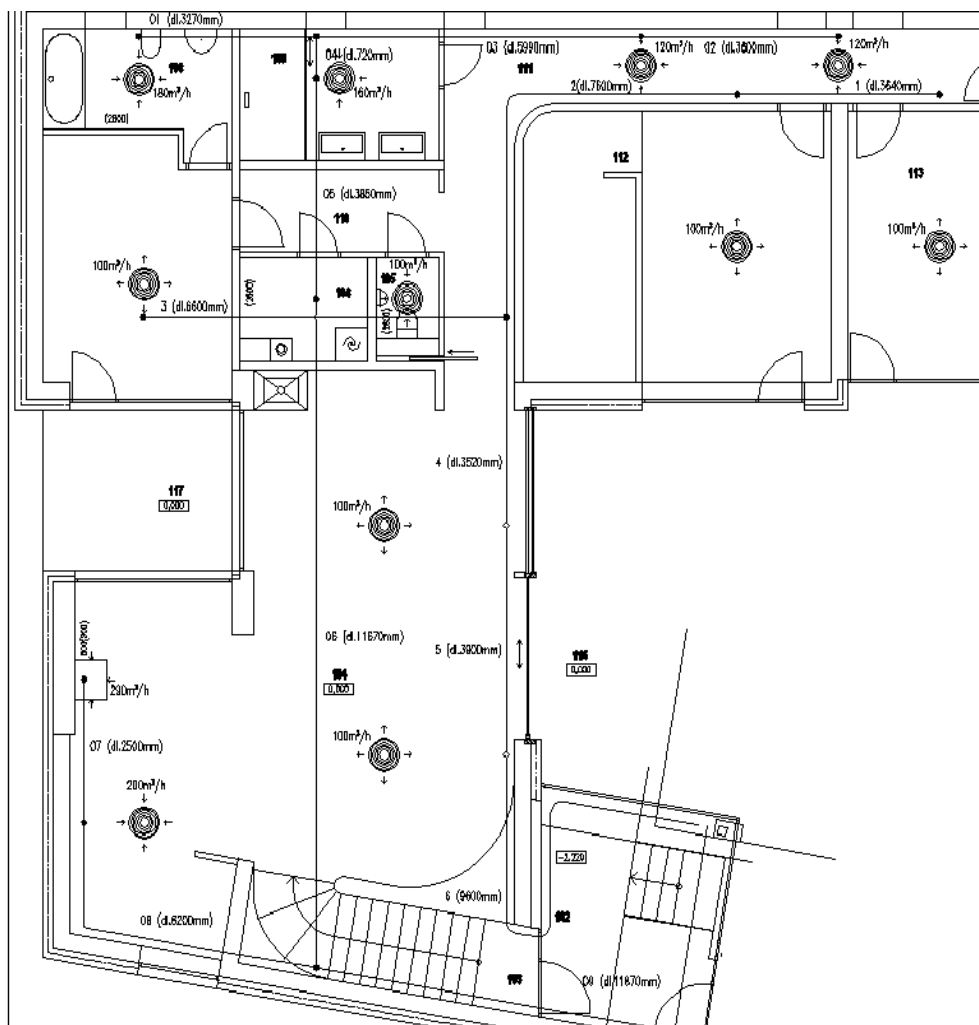
#### Přívodní potrubí (942m<sup>3</sup>/h):

Číslo	V	l	w'	d'	dr	w	R	l.R	ξ	Z	Zde	l.R+Z+Zde
	m <sup>3</sup> .s-1	m	m.s-1	mm	m	m.s-1	Pam-1	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	0,06	1,05	2,8	168	160	2,75	0,67	0,7035	0,6	2,7225	14	17,426
2	0,12	2,1	3	360	225	2,8	0,45	0,945	0,3	1,4112	14	16,3562
3	0,18	2,1	3,2	576	280	3,1	0,45	0,945	0,3	1,7298	14	16,6748
4	0,24	2,1	3,5	840	280	4	0,45	0,945	0,3	2,88	14	17,825
5	0,24	2,1	4	960	280	5	1	2,9	1,2	18	0	20,9
<b>Suma</b>		10,25						6,4385		26,744		89,182
Tlumič Δp=19Pa												108,182

#### Odvodní potrubí a cirkulační (942m<sup>3</sup>/h):

Číslo	V	l	w'	d'	dr	w	R	l.R	ξ	Z	Zde	l.R+Z+Zde
	m <sup>3</sup> .s-1	m	m.s-1	mm	m	m.s-1	Pam-1	Pa	-	Pa	Pa	Pa
O1	0,262	5,6	3,5	917	315	3,25	0,45	2,52	1,2	7,605	11	21,125
<b>Suma</b>		5,6						2,52		7,605		21,125

### B.1.3.6 Dimenzování potrubí – vzduchotechnika rodinného domu



Přívodní potrubí ( $500\text{m}^3/\text{h}$ ):

Číslo	V	l	w'	d'	dr	w	R	l.R	$\xi$	Z	Zde	l.R+Z+Zde
	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	m	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	mm	m	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Pam-1	Pa	-	Pa	Pa	Pa
1	0,028	3,64	3	84	125	2,85	1	3,64	0,9	4,3862	3,6	11,62615
2	0,056	7,6	3,5	196	160	3,5	1	7,6	1,11	8,1585	3,6	19,3585
3	0,028	6,6	3	84	125	2,85	1	6,6	0,9	4,3862	3,6	14,58615
4	0,083	3,52	3,8	315,4	200	4	1	3,52	1,3	12,48	3,6	19,6
5	0,111	3,9	4	444	225	4,1	1	3,9	1,8	18,155	3,6	25,6548
6	0,139	9,6	4,5	625,5	225	5,2	1,4	13,44	6,2	100,59	0	114,0288
<b>Suma</b>		<b>34,86</b>						<b>38,7</b>		<b>148,15</b>		<b>204,8544</b>



Odvodní potrubí(1170m<sup>3</sup>/h):

Číslo	V	l	w'	d'	dr	w	R	l.R	ξ	Z	Zde	l.R+Z
	m <sup>3</sup> .s-1	m	m.s-1	mm	m	m.s-1	Pam-1	Pa	-	Pa	Pa	Pa
O1	0,05	3,27	3	150	160	2,75	0,67	2,1909	1,9	8,6213	2,3	13,11215
O2	0,034	3,6	3	102	125	2,85	1	3,6	1,9	9,2597	2,3	15,15965
O3	0,067	5,99	3,25	217,75	160	3,5	1	5,99	0,9	6,615	2,3	14,905
O4	0,117	0,72	3,25	380,25	200	4	1	0,72	3	28,8	4	33,52
O5	0,161	3,85	3,5	563,5	225	4,1	1	3,85	1,5	15,129	3,6	22,579
O6	0,186	11,67	4	744	250	4,75	1,4	16,338	1,62	21,931	0	38,26875
O7	0,08	2,5	3	240	180	3,5	1	2,5	1,18	8,673	50	61,173
O8	0,136	6,2	3,25	442	225	3,5	0,67	4,154	1,22	8,967	2,8	15,921
O9	0,325	11,87	3,5	1137,5	280	5	1	11,87	5	75	0	86,87
<b>Suma</b>		<b>49,67</b>						<b>51,213</b>		<b>183</b>		<b>301,50855</b>

Tab.8 a tab.9 – vlastní tvorba (software excel)

## B.1.4 Útlum hluku

### B.1.4.1 Útlum hluku – vzduchotechnika bazénové haly

Vstupní hodnoty:

Hladina akustického výkonu ventilátoru v pásmech 250 až 8000 Hz - Lvent (dB/A)

Ventilátor přívod (Altreá – Mi.005.AC1 – 942m<sup>3</sup>/h):

Frekvence [Hz]	LwA	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Sání	59	61	57	55	52	52	47	41
Výtlač	71	69	73	66	66	64	57	54
Do okolí	52	55	56	51	45	40	29	<25

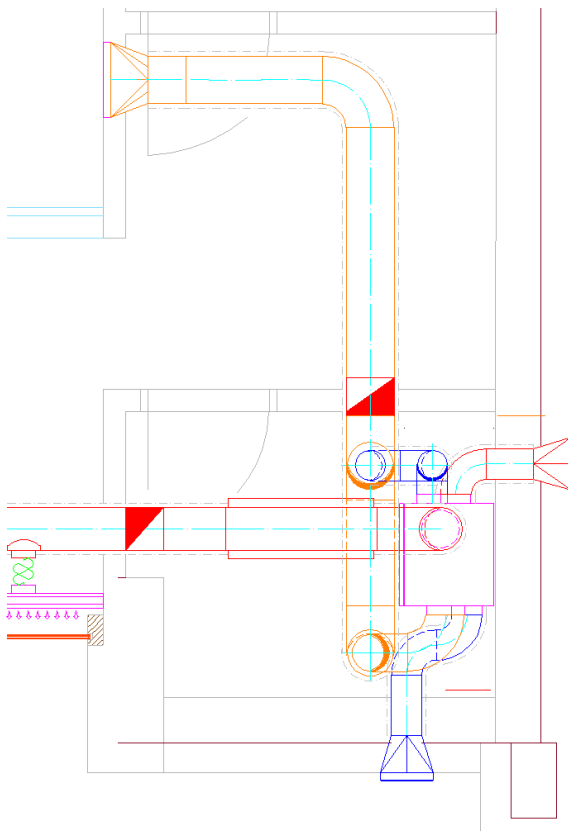
Ventilátor odvod:(Altreá – Mi.106.EC1 – 336m<sup>3</sup>/h):

Frekvence [Hz]	LwA	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Sání	48	52	50	39	41	42	26	<25
Výtlač	76	71	72	77	68	67	62	53
Do okolí	52	55	56	51	45	40	29	<25

Tabulky z návrhového software Altreá



Výpočet:



obr. Schéma útlum hluku (Autocad – vlastní tvorba)

## Odvodní potrubí – (oranžové potrubí)

Tab.10 vlastní tvorba (software excel)

P	L <sub>wa</sub> (dB/A)/f(hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Součet
1	Odvod - sání L <sub>vent</sub>	52,0	50,0	39,0	41,0	42,0	26,0	25,0	45,8
2	Přirozený utlum								
3	Rovné potrubí (5m)	3,0	2,3	1,5	1,0	0,9	0,9	0,9	
4	Oblouky (kolena) - 7ks	0,0	0,0	7,0	14,0	21,0	21,0	21,0	
5	Ohebné potrubí (0m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	Odbočka k výústce (D1)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	Útlum koncovým odrazem (D3)	5,8	2,4	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	
10	Hluk ve výústce L <sub>w</sub>	43,3	45,3	36,7	39,8	41,1	25,1	24,1	42,6
11	Vlastní hluk vyústky L <sub>1</sub>								47,5
12	Hluk vystupující z vyústky L <sub>s</sub>								48,7
13	Korekce K <sub>1</sub>								0,0
14	Hluk ve všech přívodních v. L								48,7

Rozdělení v hluku v odbočkách:

$$D1 = 10 \cdot \log \frac{\sum S_{odb}}{S_{odb1}} = 10 \cdot \log \frac{0,2}{0,02} = 0 \text{ dB}$$

Součtová hladina:

$$L_s = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_w}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 47,5} + 10^{0,1 \cdot 42,6}) = 48,71 \text{ dB}$$

Korekce vyústek:

$$K_1 = 10 \cdot \log(np) = 10 \cdot \log(1) = 0 \text{ dB}$$

Hladina akustického výkonu všech přívodních vyústek:

$$L = L_s + K_1 = 48,71 = 48,71 \text{ dB}$$

Útlum koncovým odrazem:  $d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2}{\pi}} = 0,50$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 125 \cdot 0,50} \right)^{1,88} \right] = 5,75$$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 250 \cdot 0,50} \right)^{1,88} \right] = 2,43$$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 500 \cdot 0,50} \right)^{1,88} \right] = 0,8$$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 1000 \cdot 0,50} \right)^{1,88} \right] = 0,23$$

### Přívodní potrubí – červené potrubí

Tab.11 vlastní tvorba (software excel)

P	L <sub>wa</sub> (dB/A)/f(hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Součet
1	Přívod - výtlač L <sub>vent</sub>	69,0	73,0	66,0	66,0	64,0	57,0	54,0	74,8
2	Přirozený utlum								
3	Rovné potrubí (2,8m)	1,7	1,3	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	
4	Oblouky (kolena) - 1ks	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	
5	Ohebné potrubí (0,185m)	3,2	4,2	3,5	2,7	2,0	2,6	1,6	
6	Odbočka k výustce (D1)	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
7	Útlum koncovým odrazem (D3)	10,3	5,6	2,4	0,9	0,0	0,0	0,0	
10	Hluk ve výustce L <sub>w</sub>	44,8	52,9	49,3	50,8	49,4	41,9	39,9	54,8
11	Vlastní hluk vyústky L <sub>1</sub>								19,0
12	Hluk vystupující z vyústky L <sub>s</sub>								54,8
13	Korekce K <sub>1</sub>								9,0
14	Hluk ve všech přívodních v. L								63,8

Rozdělení v hluku v odbočkách:

$$D1 = 10 \cdot \log \frac{\sum Sodb}{Sodb1} = 10 \cdot \log \frac{0,42}{0,0525} = 9dB$$

Součtová hladina:

$$Ls = 10 \cdot \log(10^{0,1L1} + 10^{0,1Lw}) = 10 \cdot \log(10^{0,119} + 10^{0,154,8}) = 54,8dB$$

Korekce vyústek:

$$K1 = 10 \cdot \log(np) = 10 \cdot \log(8) = 9,03dB$$

Hladina akustického výkonu všech přívodních vyústek:

$$L = Ls + K1 = 54,8 + 9,03 = 63,83dB$$

Útlum koncovým odrazem:  $d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0525}{\pi}} = 0,26$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 125 \cdot 0,26} \right)^{1,88} \right] = 10,34$$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 250 \cdot 0,26} \right)^{1,88} \right] = 5,64$$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 500 \cdot 0,26} \right)^{1,88} \right] = 2,37$$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 1000 \cdot 0,26} \right)^{1,88} \right] = 0,9$$

Vliv přírodního i odvodního potrubí:

$$Ls1 + 2 = 10 \cdot \log(10^{0,1L1} + 10^{0,1L2}) = 10 \cdot \log(10^{0,148,7} + 10^{0,163,8}) = 63,9dB$$

$$Lw,s = 63,9dB$$

Útlum hluku v místnosti:  $A = \alpha \cdot S = 0,4 \cdot 265,46 = 106,18m^2$

$$L_p = L_{w,s} + 10 \cdot \log \left( \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A} \right) = 63,9 + 10 \log \left( \frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,5^2} + \frac{4}{106,18} \right) \\ = 54,25 \text{ dB}$$

Přípustná hladina  $50 \text{ dB} < 54,25 \text{ dB}$  – potřebný návrh tlumiče – **přívodní potrubí**

Návrh tlumiče:

Přívod:

Tab.12 vlastní tvorba (software excel)

P	L <sub>wa</sub> (dB/A)/f(hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Součet
10	Hluk ve výústce L <sub>w</sub> - bez tlumiče	44,8	52,9	49,3	50,8	49,4	41,9	39,9	54,8
	Tlumič	5,0	12,0	15,0	23,0	22,0	14,0	0,0	
	Hluk ve výústce L <sub>w</sub> - s tlumičem	39,8	40,9	34,3	27,8	27,4	0,0	39,9	35,0
	Vlastní hluk vyústky L <sub>1</sub>								19,0
	Hluk vystupující z vyústky L <sub>s</sub>								35,1
	Korekce K <sub>1</sub>								0,0
	Hluk ve všech přívodních v. L								35,1

Hluk po návrhu tlumiče:

Součtová hladina:

$$L_s = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_w}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 19} + 10^{0,1 \cdot 35}) = 35,10 \text{ dB}$$

Vliv přírodního i odvodního potrubí:

$$L_{s1} + 2 = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 48,7} + 10^{0,1 \cdot 35,1}) = 48,7 \text{ dB}$$

$$L_{w,s} = 48,7$$

Útlum hluku v místnosti:  $A = \alpha \cdot S = 0,4 \cdot 265,46 = 106,18 \text{ m}^2$

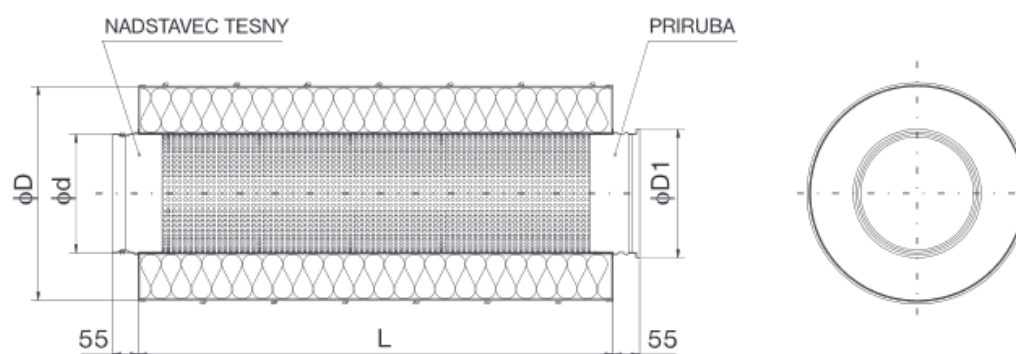
$$L_p = L_{w,s} + 10 \cdot \log \left( \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A} \right) = 48,7 + 10 \log \left( \frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,5^2} + \frac{4}{106,18} \right) = 39,02 \text{ dB}$$

Přípustná hladina  $40 \text{ dB} > 38,73 \text{ dB}$  – **VYHOVUJE**

Technické parametry tlumiče:

Útlum hluku THR:

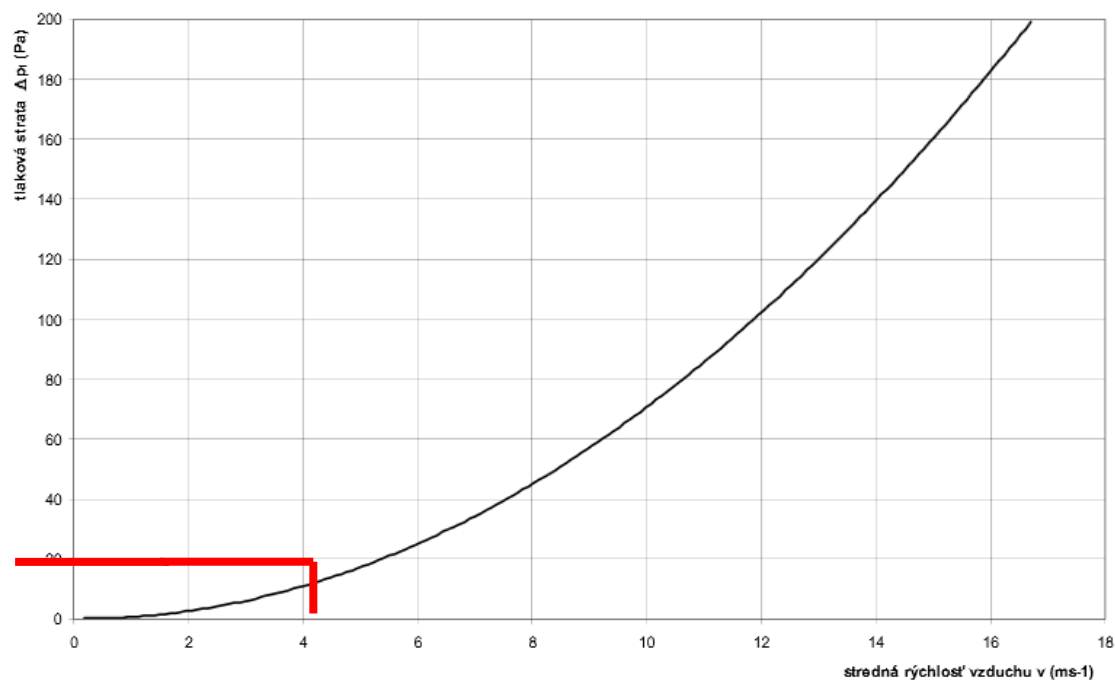
280	50	500	2	5	9	12	12	8
	50	1000	3	9	17	25	20	14
	50	1500	3	12	24	36	22	16
	100	500	3	7	10	14	14	10
	100	1000	5	12	15	23	22	14
	100	1500	7	16	21	31	27	17



Rozměry tlumiče:

d	THR									THRS								
	L				D	D1	Hmotnost			L			D	D1	Hmotnost			
mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg		
100	500	1000	1500	200	152	5,05	10,10	15,15										
125	500	1000	1500	224	177	3,58	7,16	10,74										
140	500	1000	1500	250	192	5,61	11,22	16,83										
160	500	1000	1500	280	224	4,03	8,06	12,09										
180	500	1000	1500	280	246	7,22	14,43	21,65										
200	500	1000	1500	315	266	4,52	9,03	13,56										
224	500	1000	1500	355	300	8,28	16,56	24,84										
250	500	1000	1500	355	312	9,04	18,08	27,12										
280	500	1000	1500	400	346	10,23	20,45	30,68										
315	500	1000	1500	450	385	12,67	25,33	38,00										
100	500	1000	1500	315	152	5,06	10,12	15,18										
125	500	1000	1500	355	177	8,23	16,46	24,69										
140	500	1000	1500	355	192	5,07	10,13	15,20										
160	500	1000	1500	400	224	8,23	16,46	24,69										
180	500	1000	1500	400	246	5,61	11,21	16,82										
200	500	1000	1500	400	266	8,22	16,44	24,66										
224	500	1000	1500	450	300	9,30	19,60	27,90										
250	500	1000	1500	450	312	9,28	18,55	27,83	500	1000	1500	450	312	11,71	23,41	35,12		
280	500	1000	1500	500	346	10,61	21,22	31,83	500	1000	1500	500	346	13,25	26,50	39,75		
315	500	1000	1500	560	385	12,00	24,00	36,00	500	1000	1500	560	385	15,47	30,93	46,40		
355	500	1000	1500	560	423	11,91	23,82	35,73	500	1000	1500	560	423	15,44	30,88	46,20		
400	500	1000	1500	630	486	13,54	27,07	40,61	500	1000	1500	630	486	17,65	35,30	52,95		
450	500	1000	1500	710	533	15,43	30,86	46,29	500	1000	1500	710	533	20,27	40,53	60,80		
500	500	1000	1500	710	588	15,25	30,49	45,74	-	1000	1500	710	588	-	41,83	62,75		
560	500	1000	1500	800	648	17,38	34,75	52,13	-	1000	1500	800	648	-	46,61	69,62		
630	500	1000	1500	900	720	19,79	39,58	59,37	-	1000	1500	900	720	-	54,04	81,06		
710	500	1000	1500	900	800	19,30	38,60	57,90	-	1000	1500	900	800	-	57,87	86,81		
800	500	1000	1500	1000	1000	22,90	45,79	68,69	-	1000	1500	1000	1000	-	68,25	102,38		

Tlaková ztráta:



**Tlaková ztráta:  $\Delta p = 19 \text{ Pa}$**

#### B.1.4.2 Útlum hluku – vzduchotechnika rodinného domu

Vstupní hodnoty:

Hladina akustického výkonu ventilátoru v pásmech 250 až 8000 Hz -  $L_{vent}$  (dB/A)

Přívodní ventilátor (Altreá – Mi.005.AC1 – 600m<sup>3</sup>/h):

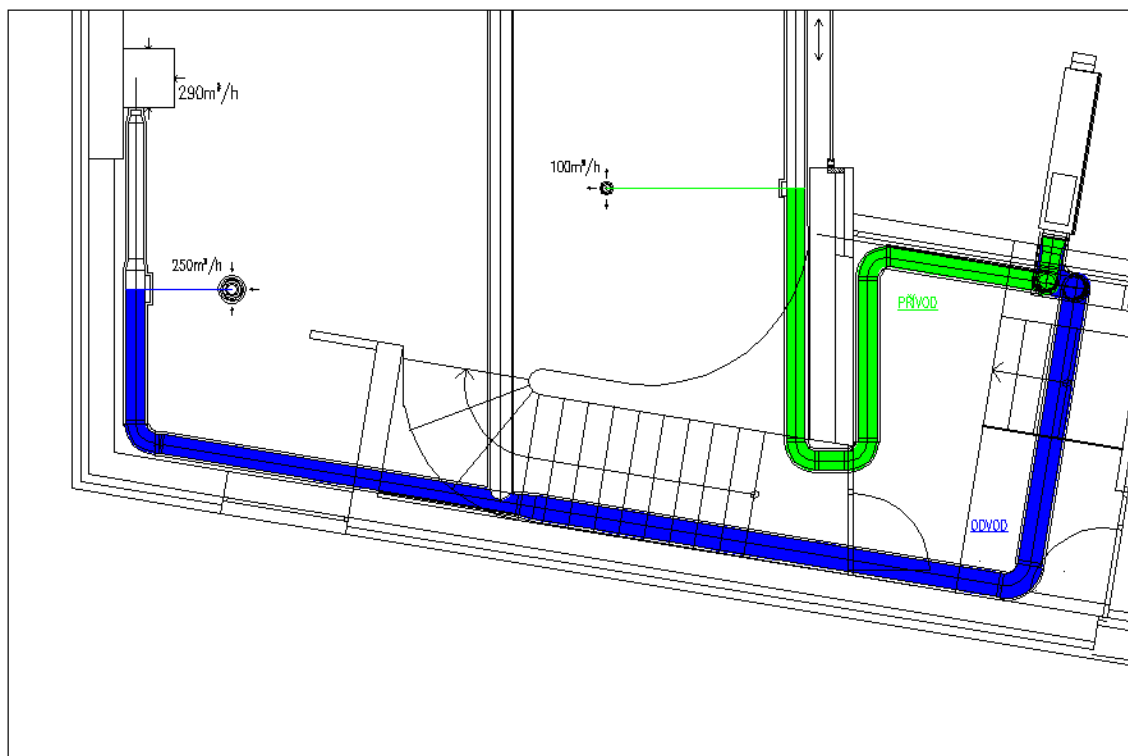
Frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{wa}$ (dB/A)	76	71	64	65	62	61	61

Odvodní ventilátor (Altreá-Mi.007.AC1 - 1170m<sup>3</sup>/h)

Frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{wa}$ (dB/A)	65,0	60,0	54,0	51,0	43,0	31,0	25,0

Tabulky – návrhový software Altreá.

Výpočet:



obr. Schéma útlum hluku (Autocad – vlastní tvorba)

### Přívodní potrubí:

Tab.14 vlastní tvorba (software excel)

P	L <sub>wa</sub> (dB/A)/f(hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Součet
1	Přívod - výtlak L <sub>vent</sub>	76,0	71,0	64,0	65,0	62,0	61,0	61,0	76,7
2	Přirozený utlum								
3	Rovné potrubí (12m)	7,2	5,4	3,6	2,4	2,4	2,4	2,4	
4	Oblouky (kolena) - 5ks	0,0	0,0	5,0	10,0	15,0	15,0	15,0	
5	Ohebné potrubí (2m)	17,5	23,0	19,0	15,0	11,0	14,0	8,5	
6	Odbočka k výústce (D1)	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	
7	Útlum koncovým odrazem (D3)	8,0	3,9	1,4	0,4	0,0	0,0	0,0	
10	Hluk ve výústce L <sub>w</sub>	36,6	32,0	28,3	30,5	26,9	22,9	28,4	34,3
11	Vlastní hluk vyústky L <sub>1</sub>								2,0
12	Hluk vystupující z vyústky L <sub>s</sub>								34,3
13	Korekce K1								7,0
14	Hluk ve všech přívodních v. L								41,3

Rozdělení v hluku v odbočkách:

$$D1 = 10 \cdot \log \frac{\sum S_{odb}}{S_{odb1}} = 10 \cdot \log \frac{0,025}{0,020} = 7 \text{ dB}$$

Součtová hladina:

$$L_s = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L1} + 10^{0,1 \cdot Lw}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 2} + 10^{0,1 \cdot 36,5}) = 36,5 \text{ dB}$$

$$\text{Korekce vyústek: } K1 = 10 \cdot \log(np) = 10 \cdot \log(5) = 6,7 \text{ dB}$$

Hladina akustického výkonu všech přívodních vyústek:

$$L = L_s + K1 = 36,5 + 7 = 43,5 \text{ dB}$$

Útlum koncovým odrazem:  $d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1}{\pi}} = 0,36$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 125 \cdot 0,36} \right)^{1,88} \right] = 8$$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 250 \cdot 0,36} \right)^{1,88} \right] = 3,88$$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 500 \cdot 0,36} \right)^{1,88} \right] = 1,44$$

$$D3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 1000 \cdot 0,36} \right)^{1,88} \right] = 0,44$$

Odvodní potrubí:

Tab.15 vlastní tvorba (software excel)

P	Lwa(dB/A)/ř(hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Součet
1	Odvod - sání Lvent	65,0	60,0	54,0	51,0	43,0	31,0	25,0	54,8
2	Přirozený utlum								
3	Rovné potrubí (14,7m)	8,8	6,6	4,4	2,9	2,9	2,9	2,9	
4	Oblouky (kolena) - 5ks	0,0	0,0	5,0	10,0	15,0	15,0	15,0	
5	Ohebné potrubí	13,5	17,5	14,5	11,0	8,0	10,5	6,0	
6	Odbočka k výustce (D1)	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
7	Útlum koncovým odrazem (D3)	6,3	2,7	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0	
10	Hluk ve výustce Lw	31,0	27,7	23,7	21,4	11,6	0,0	0,0	19,2
11	Vlastní hluk vyustky L1								4,3
12	Hluk vystupující z vyústky Ls								19,2
13	Korekce K1								7,8
14	Hluk ve všech přívodních v. L								27,0

Rozdělení v hluku v odbočkách:

$$D1 = 10 \cdot \log \frac{\sum Sodb}{Sodb1} = 10 \cdot \log \frac{0,171}{0,049} = 5,4 \text{ dB}$$

Součtová hladina:

$$L_s = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L1} + 10^{0,1 \cdot Lw}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 4,3} + 10^{0,1 \cdot 20,9}) = 20,9 \text{ dB}$$

$$\text{Korekce vyústek: } K1 = 10 \cdot \log(np) = 10 \cdot \log(6) = 7,8 \text{ dB}$$



Hladina akustického výkonu všech přívodních vyústek:

$$L = L_s + K_1 = 20,9 + 7,8 = 28,7dB$$

$$\text{Útlum koncovým odrazem: } d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,171}{\pi}} = 0,47$$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 125 \cdot 0,47} \right)^{1,88} \right] = 6,25$$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 250 \cdot 0,47} \right)^{1,88} \right] = 2,73$$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 500 \cdot 0,47} \right)^{1,88} \right] = 0,93$$

$$D_3 = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{c}{\pi \cdot f \cdot d} \right)^{1,88} \right] = 10 \cdot \log \left[ 1 + \left( \frac{344}{\pi \cdot 1000 \cdot 0,47} \right)^{1,88} \right] = 0,27$$

Vliv přírodního i odvodního potrubí:

$$L_{s1} + 2 = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2}) = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 41,3} + 10^{0,1 \cdot 27}) = 41,46dB$$

$$L_{w,s} = 41,467dB$$

$$\text{Útlum hluku v místnosti: } A = \alpha \cdot S = 0,4 \cdot 204,98 = 81,992m^2$$

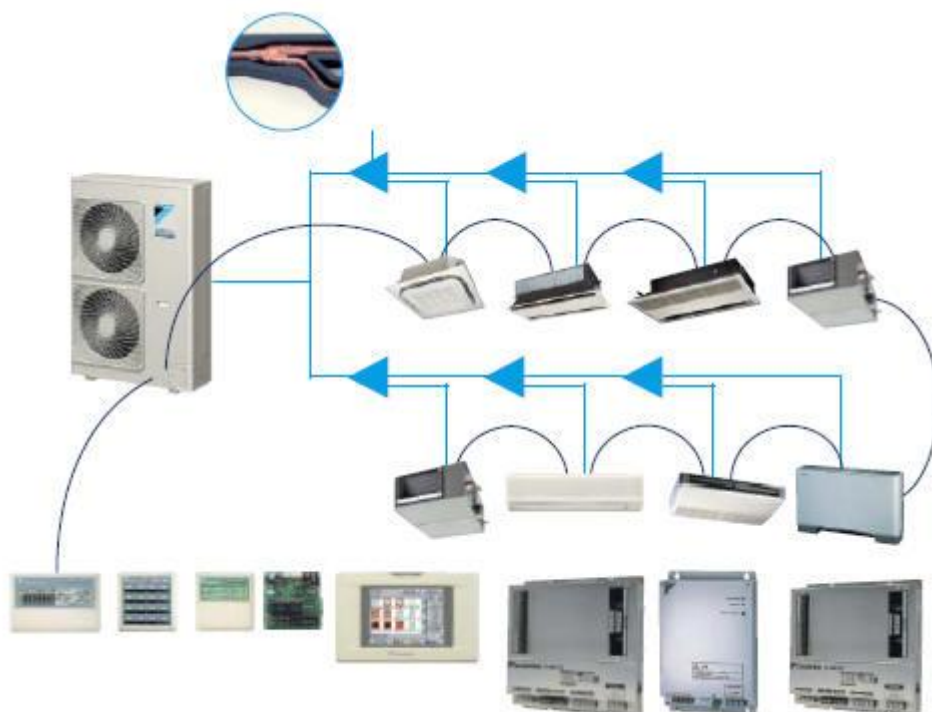
$$\begin{aligned} L_p &= L_{w,s} + 10 \cdot \log \left( \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A} \right) = 41,467 + 10 \log \left( \frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,5^2} + \frac{4}{81,992} \right) \\ &= 32,24dB \end{aligned}$$

*Přípustná hladina 40dB > 32,24db – není třeba navrhovat tlumič*

## B.2 CHLAZENÍ

Při výpočtu tepelných bilancí dle normy ČSN 730548 bylo zjištěno, že v místnostech s pobytem lidí jsou vysoké tepelné zisky, které se pohybovaly od 1,5-3 kW. Proto v místnostech bude navrženo chlazení pro čtyři místnosti, a to obývací pokoj, pracovna, dětský pokoj a ložnice.

Navržený systém pro chlazení bude VRV – systém (ukázka viz. obrázek). Jedná se o technologii, kdy na jednu vnější jednotku může být zapojeno až několik desítek vnitřních jednotek v různém provedení a výkonu. VRV systémy mají řízený výkon invertorem a dle potřeby jednotlivých vnitřních jednotek. Veškeré vnitřní jednotky budou opatřeny čerpadly pro odvod kondenzátu, která bude odváděna kanalizačním potrubím, které bude instalováno do místností WC.



### B.2.1 Tepelné zátěže

Výpočet tepelné zátěže je vypočítán dle ČSN 730548. Podrobný výpočet pro celý rodinný dům je v příloze č1.

	Tepelné zisky (W)	Vodní zisky (g/h)	Tepelné ztráty (W)
104. Obývací pokoj	3987,9	314,5	1964,9
107. Pracovna	3138,14	70	565
112. Ložnice	2756,25	129,5	822,5
113. Pokoj	2320,73	52,5	326,9

### B.2.2 Návrh chladicího systému VRV

Při návrhu VRV systému musíme brát ohled na to, že vzduchotechnická jednotka přivádí do místnosti vzduch o teplotě 28°C, proto musíme připočítat k tepelným bilancím, tepelný zisk od přiváděného vzduchu.

#### B.2.2.1 Výpočet a návrh – chladicí jednotky – místnost 104 – obývací pokoj.

Tepelný zisk od přiváděného vzduchu VZT jednotkou:

$$Q_{pr} = V_{pr} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_i) = 200 \cdot 1,02 \cdot 1,2 \cdot (28 - 26) = 489,6W$$

$$Q_c = Q + Q_{pr} = 3987,9 + 490 = 4477,9W$$

Průtok přiváděného vzduchu jednotkou:


Citelná tepelná zátěž je odváděna vzduchem přiváděného z vnitřní jednotky  $V_p$ , jehož průtok stanovíme

$$V_p = \frac{Q_c}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{4477,9}{1,2 \cdot 1,02 \cdot (6)} = 609,73m^3/h$$

( $t_i - t_p$ ) – se volí mezi 6-10K – zvolil jsem 6K

Návrh jednotky podle  $Q_c$  a  $V_p$  (technické listy Daikin):

1. jednotka – jednotka umístěna do podhledu (FFQ35C 3,4kw,510 m<sup>3</sup>/h,30,5dB)

Indoor unit				FFQ25C	FFQ35C
Cooling capacity	Min./Nom./Max.	kW		1.4/2.50/4.0	1.4/3.4/4.0
Heating capacity	Min./Nom./Max.	kW		1.3/3.20/5.1	1.3/4.20/5.1
Power input	Cooling	Min./Nom./Max.	kW	0.360/0.560/1.470	0.360/0.920/1.470
	Heating	Min./Nom./Max.	kW	0.300/0.820/1.650	0.300/1.200/1.650
Seasonal efficiency (according to EN14825) 	Cooling	Energy label		A++	
		Pdesign	kW	2.50	3.40
		SEER		6.11	6.32
		Annual energy consumption	kWh	143	188
	Heating (Average climate)	Energy label		A+	
		Pdesign	kW	2.31	3.10
		SCOP		4.24	4.10
		Annual energy consumption	kWh	763	1,059
	Nominal efficiency			4.46	3.70
	COP			3.90	3.50
Nominal efficiency (cooling at 35°/27° nominal load, heating at 7°/20° nominal load)	Annual energy consumption		kWh	280	460
	Energy label	Cooling/Heating		A/A	
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm	260x57	
Weight	Unit		kg	16	
Decoration panel	Model			BYFQ60CW/BYFQ	
	Colour			White (N9.5)/White (N9.5)	
	Dimensions	HeightxWidthxDepth	mm	46x620x620/620x44	
	Weight		kg	2.8/2.8	
Fan - Air flow rate	Cooling	High/Nom./Low	m <sup>3</sup> /min	9/8/6.5	10/8.5/6.5
	Heating	High/Nom./Low	m <sup>3</sup> /min	9/8/6.5	10/8.5/6.5
Sound power level	Cooling		dBA	48	51
Sound pressure level	Cooling	High/Nom./Low	dBA	31/28.5/25	34/30.5/25
	Heating	High/Nom./Low	dBA	31/28.5/25	34/30.5/25
Piping connections	Liquid	OD	mm	6.3	
Power supply	Gas	OD	mm	9.5	
	Phase / Frequency / Voltage			1 ~ / 50 /	

1. jednotka umístěna na stěnu (FTXG25JW 1,3kw,228 m<sup>3</sup>/h,22dB)

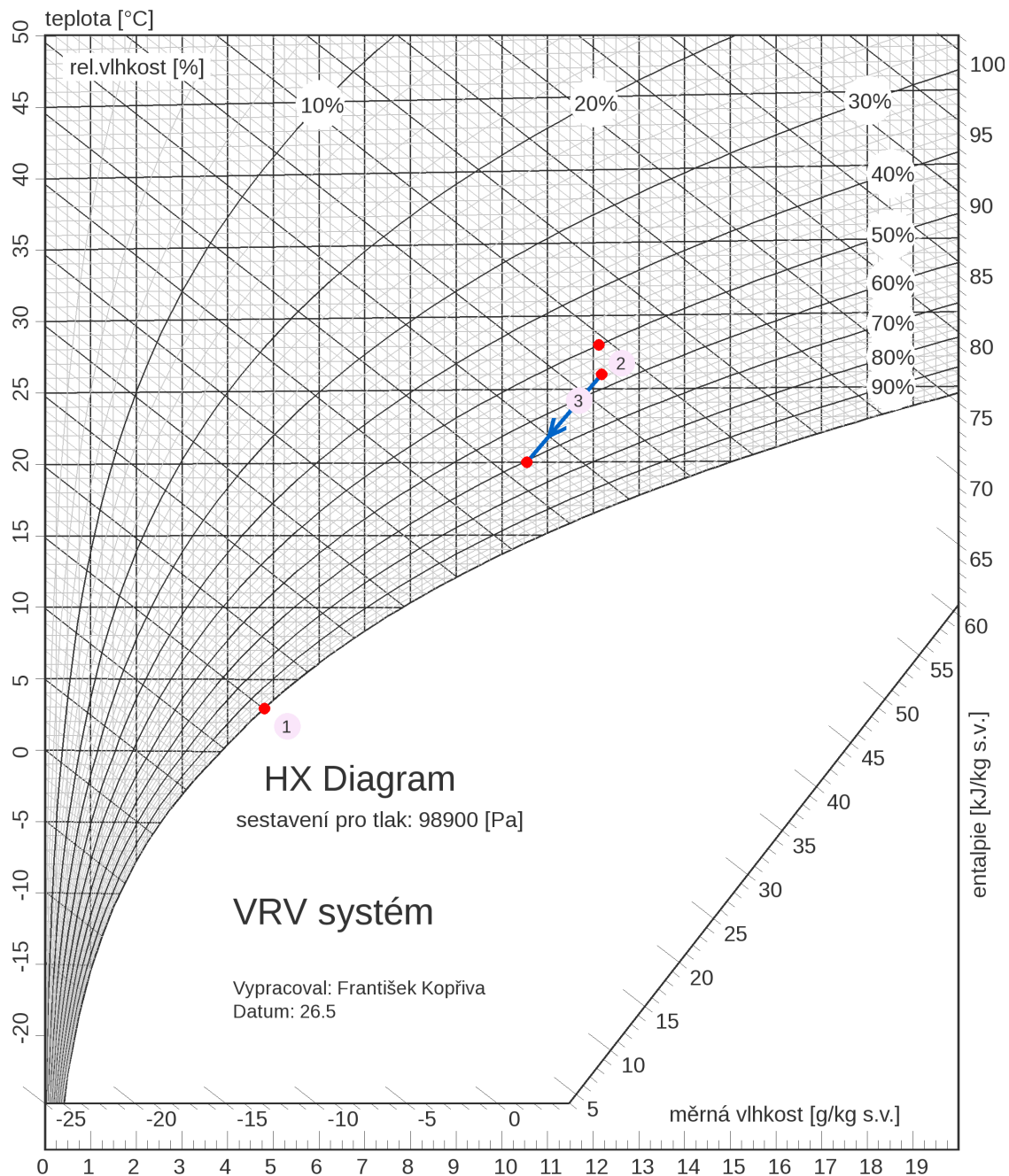
INDOOR UNIT				FTXG25JW
Cooling capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/2.5 /3.0
Heating capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/3.4 /4.5
Seasonal efficiency (according to EN14825)	Cooling	Energy label		A+
		Pdesign	kW	2.50
		SEER		6.53
		Annual energy consumption	kWh	134
	Heating (Average climate)	Energy label		A+
		Pdesign	kW	2.80
		SCOP		4.34
		Annual energy consumption	kWh	903
Nominal efficiency (cooling at 35°/27° nominal load, heating at 7°/20° nominal load)	EER			4.46
	COP			4.36
	Annual energy consumption		kWh	280
	Energy label	Cooling/Heating		
Casing	Colour			
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm	
Weight	Unit		kg	
Fan - Air flow rate	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	m³/min	8.8/6.8/4.7/3.8
	Heating	High/Nom.	m³/min	9.6/7.9
Sound power level	Cooling	High	dBA	54
	Heating	High	dBA	55
Sound pressure level	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	38/32/25/22
	Heating	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	39/34/28/25
Piping connections	Liquid	OD	mm	
	Gas	OD	mm	9.5
	Drain	OD	mm	16
Power supply	Phase / Frequency / Voltage		Hz / V	

Kontrola pracovních teplot:

$$(t_i - t_p) = \frac{Q_c}{V_{pskut. \rho. c}} = \frac{4700}{738.1,2.1,02} = 5,20K$$

*Přípustná hladina 50dB < 47,5db – hladina je přípustná*

### H-x diagram – léto:



	T(°C)	Rh(%)
1 – tch (vyp. teplota chladiče)	3	100
2 – te – teplota exteriéru	28	53
3 – teplota interieru	26	55
3 – teplota přiváděného vzduchu	20	70

### B.2.2.2 Výpočet a návrh – chladicí jednotky – místnost 107 – pracovna.

Tepelný zisk od přiváděného vzduchu VZT jednotkou:

$$Q_{pr} = V_{pr} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_i) = 100 \cdot 1,02 \cdot 1,2 \cdot (28 - 26) = 244,8W$$

$$Q_c = Q + Q_{pr} = 3138 + 244,8 = 3382,8W$$

Průtok přiváděného vzduchu jednotkou:

Citelná tepelná zátěž je odváděna vzduchem přiváděného z vnitřní jednotky Vp, jehož průtok stanovíme

$$V_p = \frac{Q_c}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{3382,8}{1,2 \cdot 1,02 \cdot (6)} = 461 m^3/h$$

(ti-tp) – se volí mezi 6-10K – zvolil jsem 6K

#### 1. Návrh jednotky podle Qc a Vp (technické listy Daikin):

jednotka umístěna na stěnu ((FTXG35JW 3,5kw,438 m<sup>3</sup>/h,34dB)

INDOOR UNIT				FTXG25JW	FTXG35JW
Cooling capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/2.5 /3.0	1.4/3.5 /3.8
Heating capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/3.4 /4.5	1.4/4.0 /5.0
Seasonal efficiency (according to EN14825)	Cooling	Energy label		A++	
		Pdesign	kW	2.50	3.50
		SEER		6.53	6.51
		Annual energy consumption	kWh	134	188
	Heating (Average climate)	Energy label		A+	
		Pdesign	kW	2.80	3.30
		SCOP		4.34	4.23
		Annual energy consumption	kWh	903	1,091
Nominal efficiency (cooling at 35°/27° nominal load, heating at 7°/20° nominal load)	EER		4.46	3.93	
	COP		4.36	4.04	
	Annual energy consumption		kWh	280	445
	Energy label	Cooling/Heating			
Casing	Colour			Matt crystal white	
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm		
Weight	Unit		kg		
Fan - Air flow rate	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	m³/min	8.8/6.8/4.7/3.8	10.1/7.3/4.6/3.9
	Heating	High/Nom.	m³/min	9.6/7.9	10.8/8.6
Sound power level	Cooling	High	dBA	54	58
	Heating	High	dBA	55	58
Sound pressure level	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	38/32/25/22	42/34/26/23
	Heating	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	39/34/28/25	42/36/29/26
Piping connections	Liquid	OD	mm		
	Gas	OD	mm	9.52	
	Drain	OD	mm	16 or 18	
Power supply	Phase / Frequency / Voltage		Hz / V		

Kontrola pracovních teplot:

$$(t_i - t_p) = \frac{Q_c}{V_{pskut. \rho. c}} = \frac{3500}{438.1,2.1,02} = 6,52K$$

*Přípustná hladina 50dB > 34db – hladina vyhovuje*

### **B.2.2.3 Výpočet a návrh – chladicí jednotky – místnost 111 – dětský pokoj.**

Tepelný zisk od přiváděného vzduchu VZT jednotkou:

$$Q_{pr} = V_{pr. c. \rho.} (t_p - t_i) = 100.1,02.1,2. (28 - 26) = 244,8W$$

$$Q_c = Q + Q_{pr} = 2320 + 244,8 = 2564,8W$$

Průtok přiváděného vzduchu jednotkou:

Citelná tepelná zátěž je odváděna vzduchem přiváděného z vnitřní jednotky  $V_p$ , jehož průtok stanovíme

$$V_p = \frac{Q_c}{\rho. c. (t_i - t_p)} = \frac{2564,8}{1,2.1,02. (6)} = 349m^3/h$$

( $t_i - t_p$ ) – se volí mezi 6-10K – zvolil jsem 6K



Návrh jednotky podle Qc a Vp (technické listy Daikin):

jednotka umístěna na stěnu (FTXG25JW 2,5kw,408 m<sup>3</sup>/h,32dB)

INDOOR UNIT				FTXG25JW	FTXG35JW
Cooling capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/2.5 /3.0	1.4/3.5 /3.8
Heating capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/3.4 /4.5	1.4/4.0 /5.0
Seasonal efficiency (according to EN14825)	Cooling	Energy label		A++	
		Pdesign	kW	2.50	3.50
		SEER		6.53	6.51
		Annual energy consumption	kWh	134	188
	Heating (Average climate)	Energy label		A+	
		Pdesign	kW	2.80	3.30
		SCOP		4.34	4.23
		Annual energy consumption	kWh	903	1,091
Nominal efficiency (cooling at 35°/27° nominal load, heating at 7°/20° nominal load)	EER		4.46		3.93
	COP		4.36		4.04
	Annual energy consumption		kWh	280	445
	Energy label	Cooling/Heating			
Casing	Colour		Matt crystal white		
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm		
Weight	Unit		kg		
Fan - Air flow rate	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	m³/min	8.8/6.8/4.7/3.8	10.1/7.3/4.6/3.9
	Heating	High/Nom.	m³/min	9.6/7.9	10.8/8.6
Sound power level	Cooling	High	dBA	54	58
	Heating	High	dBA	55	58
Sound pressure level	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	38/32/25/22	42/34/26/23
	Heating	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	39/34/28/25	42/36/29/26
Piping connections	Liquid	OD	mm		
	Gas	OD	mm	9.52	
	Drain	OD	mm	16 or 18	
Power supply	Phase / Frequency / Voltage		Hz / V		

Kontrola pracovních teplot:

$$(t_i - t_p) = \frac{Q_c}{V_{pskut.} \cdot \rho \cdot c} = \frac{2500}{349.1 \cdot 2.1 \cdot 102} = 5,85K$$

*Přípustná hladina 50dB > 32db – hladina vyhovuje*

#### **B.2.2.4 Výpočet a návrh – chladicí jednotky – místnost 112 – ložnice**

Tepelný zisk od přiváděného vzduchu VZT jednotkou:

$$Q_{pr} = V_{pr.} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_i) = 100.1,02.1,2 \cdot (28 - 26) = 244,8W$$

$$Q_c = Q + Q_{pr} = 2756,25 + 244,8 = 3001W$$

Průtok přiváděného vzduchu jednotkou:

Citelná tepelná zátěž je odváděna vzduchem přiváděného z vnitřní jednotky  $V_p$ , jehož průtok stanovíme

$$V_p = \frac{Q_c}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)} = \frac{3001}{1,2 \cdot 1,02 \cdot (6)} = 408 \text{ m}^3/\text{h}$$

$(t_i - t_p)$  – se volí mezi 6-10K – zvolil jsem 6K

Návrh jednotky podle  $Q_c$  a  $V_p$  (technické listy Daikin):

jednotka umístěna na stěnu (FTXG35JW 3,5kw, 438 m<sup>3</sup>/h, 34dB)

INDOOR UNIT				FTXG25JW	FTXG35JW
Cooling capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/2.5 /3.0	1.4/3.5 /3.8
Heating capacity	Min./Nom./Max.		kW	1.3/3.4 /4.5	1.4/4.0 /5.0
Seasonal efficiency (according to EN14825)	Cooling	Energy label		A++	
		Pdesign	kW	2.50	3.50
		SEER		6.53	6.51
		Annual energy consumption	kWh	134	188
	Heating (Average climate)	Energy label		A+	
		Pdesign	kW	2.80	3.30
		SCOP		4.34	4.23
		Annual energy consumption	kWh	903	1,091
Nominal efficiency (cooling at 35°/27° nominal load, heating at 7°/20° nominal load)	EER		4.46		3.93
	COP		4.36		4.04
	Annual energy consumption		kWh	280	445
	Energy label	Cooling/Heating			
Casing	Colour			Matt crystal white	
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm		
Weight	Unit		kg		
Fan - Air flow rate	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	m³/min	8.8/6.8/4.7/3.8	10.1/7.3/4.6/3.9
	Heating	High/Nom.	m³/min	9.6/7.9	10.8/8.6
Sound power level	Cooling	High	dBA	54	58
	Heating	High	dBA	55	58
Sound pressure level	Cooling	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	38/32/25/22	42/34/26/23
	Heating	High/Nom./Low/Silent operation	dBA	39/34/28/25	42/36/29/26
Piping connections	Liquid	OD	mm		
	Gas	OD	mm	9.52	
	Drain	OD	mm	16 or 18	
Power supply	Phase / Frequency / Voltage			Hz / V	

Kontrola pracovních teplot:

$$(t_i - t_p) = \frac{Q_c}{V_{pskut} \cdot \rho \cdot c} = \frac{3500}{438 \cdot 1,2 \cdot 1,02} = 6,52 \text{ K}$$

Přípustná hladina 50dB > 34db – hladina vyhovuje

### B.2.2.5 Návrh venkovní jednotky

Potřebný chladivý výkon a průtok vzduchu získáme sečtením všech jednotek.

$$Q_{vj} = 1,3 + 3,4 + 2,5 + 3,5 + 3,5 = 14,2 \text{ kW}$$

$$V = 228 + 510 + 408 + 438 + 438 = 2022 \text{ m}^3/\text{h}$$

Návrh venkovní jednotky podle  $Q_{vj}$  a  $V$  (technické listy Daikin):

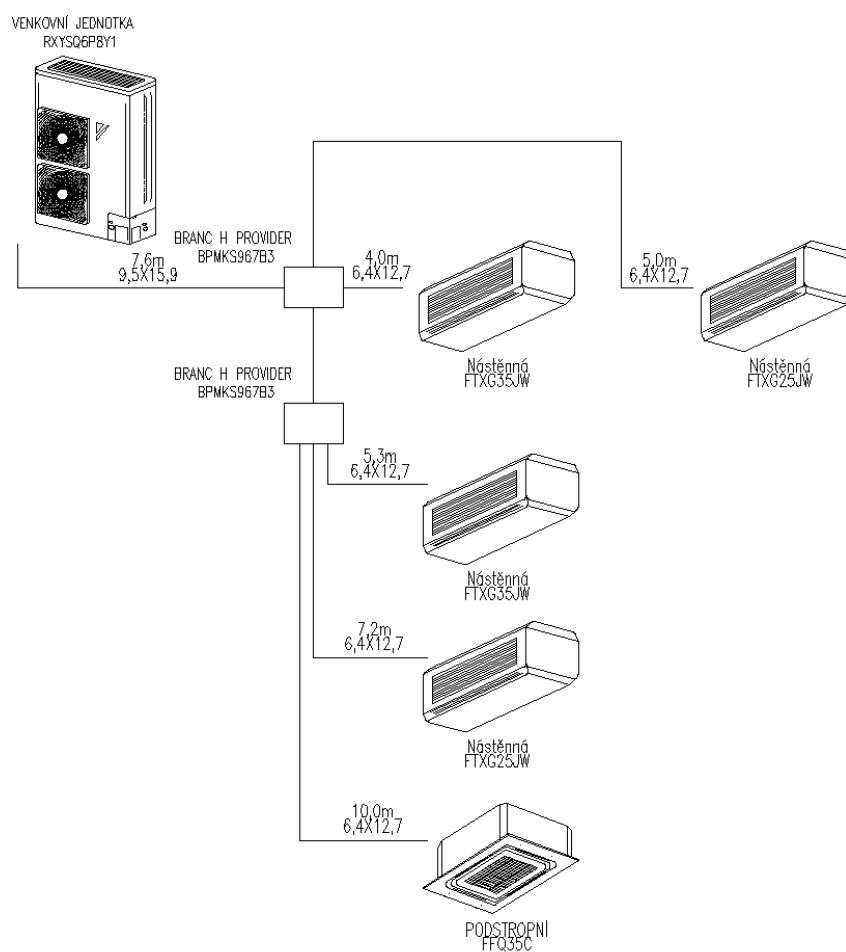
(RXYSQ6P8V1- 15,5 kW, 53 dB)

OUTDOOR UNIT					RXYSQ4P8V1	RXYSQ5P8V1	RXYSQ6P8V1
Capacity range				HP	4	5	6
Cooling capacity	Nom.			kW	11.2 <sup>1</sup>	14.0 <sup>1</sup>	15.5 <sup>1</sup>
Heating capacity	Nom.			kW	12.5 <sup>2</sup>	16.0 <sup>2</sup>	18.0 <sup>2</sup>
Power input - 50Hz	Cooling	Nom.		kW	2.81	3.51	4.53
	Heating	Nom.		kW	2.74	3.86	4.57
EER					3.99		3.42
COP					4.56	4.15	3.94
Maximum number of connectable indoor units					8 <sup>3</sup> / 6 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> / 8 <sup>4</sup>	13 <sup>3</sup> / 9 <sup>4</sup>
Indoor index connection	Min./Nom./Max.				50//130	62.5//162.5	70//182
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm		1,345x912		
Weight	Unit		kg		12		
Fan-Type					Propeller		
Fan-Air flow rate	Cooling	Nom.	m <sup>3</sup> /min		10		
	Heating	Nom.	m <sup>3</sup> /min		102	105	
Sound power level	Cooling	Nom.	dBA		66	67	69
Sound pressure level	Cooling	Nom.	dBA		50	51	53
	Heating	Nom.	dBA		52	53	55
Compressor	Type				Hermetically sealed		
Operation range	Cooling	Standard	Min.	°CDB	-1		
		Max.		°CDB	4		
	Heating	Min.~Max.		°CWB	-20~-		
Refrigerant	Type				R-4		
	Control				Expansion		
Refrigerant oil	Type				Daphne		
Piping connections	Liquid	OD	mm		9.5		
	Gas	OD	mm		15.9 <sup>3</sup> / 19.1 <sup>4</sup>	15.9 <sup>3</sup> / 19.1 <sup>4</sup>	19.1
	Drain	OD	mm		26x3		
	Total piping length	System	Actual	m	300 <sup>3</sup> / 115 <sup>4</sup>	300 <sup>3</sup> / 135 <sup>4</sup>	300 <sup>3</sup> / 145 <sup>4</sup>
	Level difference	OU - IU	Outdoor unit in highest position / Indoor unit in highest position	m	50 <sup>3</sup> / 30 <sup>4</sup>		
		IU - IU	Max.	m	1		
Power supply	Phase/Frequency/Voltage			Hz/V	1N~/50/220-240		
Current - 50Hz	Maximum fuse amps (MFA)			A	32.0		

### B.2.2.6 Přehled zvolených jednotek ,výkony, průtoky vzduchu

Místnost	Ozn. výrobce	Výkon [kW]	V [m <sup>3</sup> /h]	Hluk [dB]
105. Obývací pokoj	FTXG25JW	1,3	228	22
	FFQ35C	3,4	510	30,5
107. Pracovna	FTXG35JW	3,5	438	34
112. Ložnice	FTXG35JW	3,5	438	34
113. Dětský pokoj	FTXG25JW	2,5	408	32

### B.2.3 Schéma zapojení



## B.3 VYTÁPĚNÍ

Tepelná ztráta budovy je 8,9 kW (výpočet U veškerých konstrukcí v příloze (2), přesný výpočet tepelných ztrát v příloze (3)). Jako hlavní zdroj pro vytápění bude navržen kondenzační kotel, který bude pracovat na teplotním spádu 65/45°C, tento spád byl zvolen, protože požadovaná teplota teplé vody je 55°C. Teplá voda bude připravována zásobníkovým ohřev. Teplotní spád pro podlahové topení je 40/35°C, teplota bude upravována pomocí trojcestného ventilu regulována směřováním. Pro ohřev TV a ohřev bazénové vody bude navržen solární systém.

### B.3.1 Příprava TV

Příprava teplé vody bude připravována zásobníkovým ohřevem. Pro přípravu TV bude navržena plynový kondenzační kotel a solární kolektory.

#### B.3.1.1 Návrh zásobníkového ohřevu teplé vody (ČSN 060320)

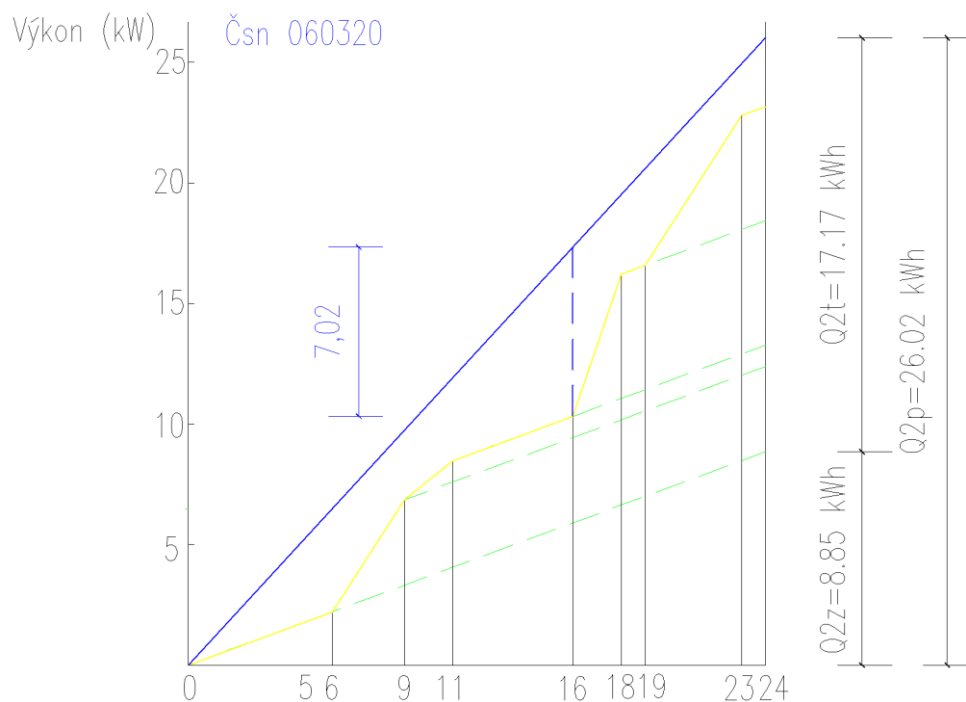
Denní potřeba teplé vody:  $4.0,082 = 0,328\text{m}^3$  (328l/den)

Teplo odebrané:  $Q_{2t} = 1,163 \cdot V_{2p} \cdot (\Delta t) = 1,163 \cdot 0,328 \cdot 45 = 17,17\text{kWh}$

Teplo ztracené:  $Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 17,17 \cdot 0,5 = 8,585\text{kWh}$

Teplo celkem:  $Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 17,17 + 8,585 = 25,76\text{kWh}$

6-9h	20%	3,54	5,204
8-11h	5%	0,8855	1,301
16-18h	30%	5,151	7,806
19-23	45%	7,73	11,709



Velikost zásobníku:  $V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{1,163 \cdot \Delta Q} = \frac{7,02}{1,163 \cdot 45} = 0,134 m^3 \text{ (134l)}$

Jmenovitý výkon ohřevu  $Q_{1n} = (Q_1/t) = 26,52/24 = 1,084 \text{ kW}$

Velikost zásobníku bude upravena z důvodu návrhu solárních kolektorů na ohřev TV.

### B.3.1.2 Návrh potřebné solární plochy pro ohřev TV

Zvolení kolektoru a stanovení účinnosti:

$\eta_0$ ...optická účinnost kolektoru	0,794
$a_1$ ...linární součinitel tepelné ztráty kolektoru	3,494
$a_2$ ...kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru	0,015
$t_m$ ...střední teplota teplosnosné látky	40°C

Zvolený kolektor – TOPSON F3-1

## Stanovení účinnosti kolektoru Topson F3-1

### Střední intenzita slunečního záření Wm-2

měsíc/úhel beta	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
75°	463	509	500	437	394	379	381	411	461	488	462	436

### Střední teplota v době slunešného svitu $t_{es}$

měsíc/město	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
brno	1,7	2,8	7,0	12,0	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	2,5

$$n_k = n_o - a1. \left( \frac{tm - te}{G} \right) - a2. (tm - te)^2 / G$$

### Účinnost kolektoru dle měsíců

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\eta_k =$	0,46	0,50	0,53	0,54	0,57	0,60	0,62	0,63	0,62	0,58	0,52	0,45

Potřeba vody: 0,328 m<sup>3</sup> (82 l/os) – velký nadstandard – budu navrhovat 40l/os

Spotřeba: 40 l/os

Denní potřeba tepla pro přípravu TV:

$$Q_{tv, den} = (1 + z) * ((V_{tv, den} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{tv} - t_{sv})) / 3,6 \cdot 10^6$$

$$Q_{tv, den} = (1 + 0,5) * ((0,160 \cdot 1,04 \cdot 186 \cdot \frac{55 - 10}{3,6} \cdot 10^6 = 10,88 kWh/den$$

Měsíční potřeba tepla na ohřev vody:  $Q_{p, tv, m} = n \cdot Q_{tv, den}$

měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
počet dní - n	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$Q_{p, tv, m}$	337,392	304,741	337,392	326,508	337,392	326,508	337,392	337,392	326,508	337,392	326,508	337,392

Denní dávka na plochu dané orientace a sklonu (kWh/m<sup>2</sup>den)

$$H_{t, den} = Tr \cdot H_{t, den, teor} + (1 - Tr) \cdot H_{t, den, dif}$$

### $H_{T, den, teor}$

měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
úhel $\beta$ 75°	6,09	7,01	7,49	7,39	7,45	7,39	7,29	7,09	7,23	7,11	6,31	5,65

### $H_{T, den, dif}$

měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
úhel $\beta$ 75°	0,42	0,61	0,94	1,31	1,6	1,73	1,68	1,45	1,11	0,75	0,48	0,36

top.přir.str.364

### Poměrná doba slunečního svitu $\tau_r$

měsíc	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
město brno	0,18	0,31	0,38	0,39	0,48	0,53	0,56	0,53	0,5	0,37	0,23	0,12

### Denní dávka na plochu dané orientace a sklonu

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$H_{T, den} =$	1,441	2,594	3,429	3,681	4,406	4,730	4,822	4,439	4,170	3,103	1,821	0,995

Denní měrný zisk (kWh/m<sup>2</sup>den)

$$q_k = n_k \cdot H_{t, den}$$

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$q_k =$	0,65900	1,29145	1,81986	1,99969	2,52008	2,81871	2,97604	2,78422	2,56875	1,79724	0,93931	0,44279

Aparaturní plocha kolektoru:

$$A_k = ((1 + p) \cdot Q_{tv, den}) / q = (1 + 0.1) \cdot 10,88 / 1,9969 = 5,99 \text{ m}^2$$

Plocha navrženého kolektoru TOPSON F3-1 ( $A = 2\text{m}^2$ ), Pk – 3ks, Celková plocha kolektorového pole  $6\text{m}^2$

Velikost zásobníku: cca 1,3 až 1,5 x násobek vypočítaného =  $1,5 \cdot 134 = 201 \text{ l}$  (návrh 220l)

### B.3.1.3 Měsíční teoretický využitelný tepelný zisk kolektorové plochy

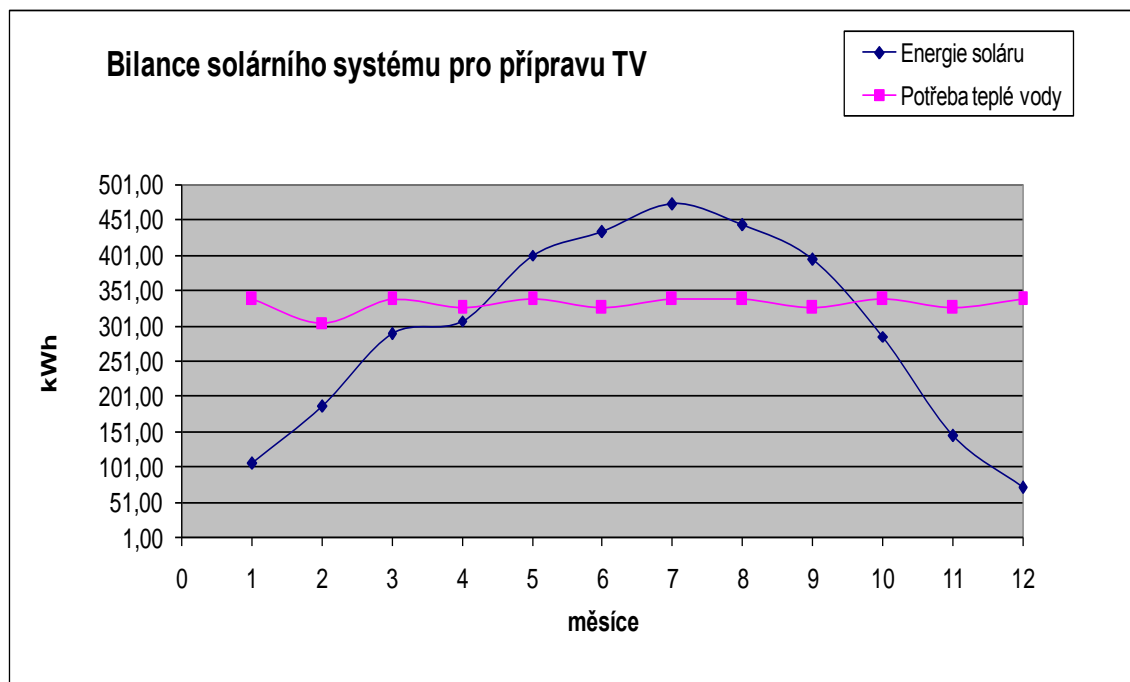
$$Q_{k, u} = 0,9 \cdot n_k \cdot n \cdot H_{t, den} \cdot A_{ks} \cdot (1 - p)$$

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$Q_{k, u}$	104,80	185,50	289,41	307,75	400,77	433,80	473,28	442,77	395,33	285,82	144,56	70,42
$Q_{p, TV, m}$	337,39	304,74	337,39	326,51	337,39	326,51	337,39	337,39	326,51	337,39	326,51	337,39

Využitelné tepelné zisky solární soustavy (měsíční)

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$Q_{ss, u}$	104,80	185,50	289,41	307,75	337,39	326,51	337,39	337,39	326,51	285,82	144,56	70,42



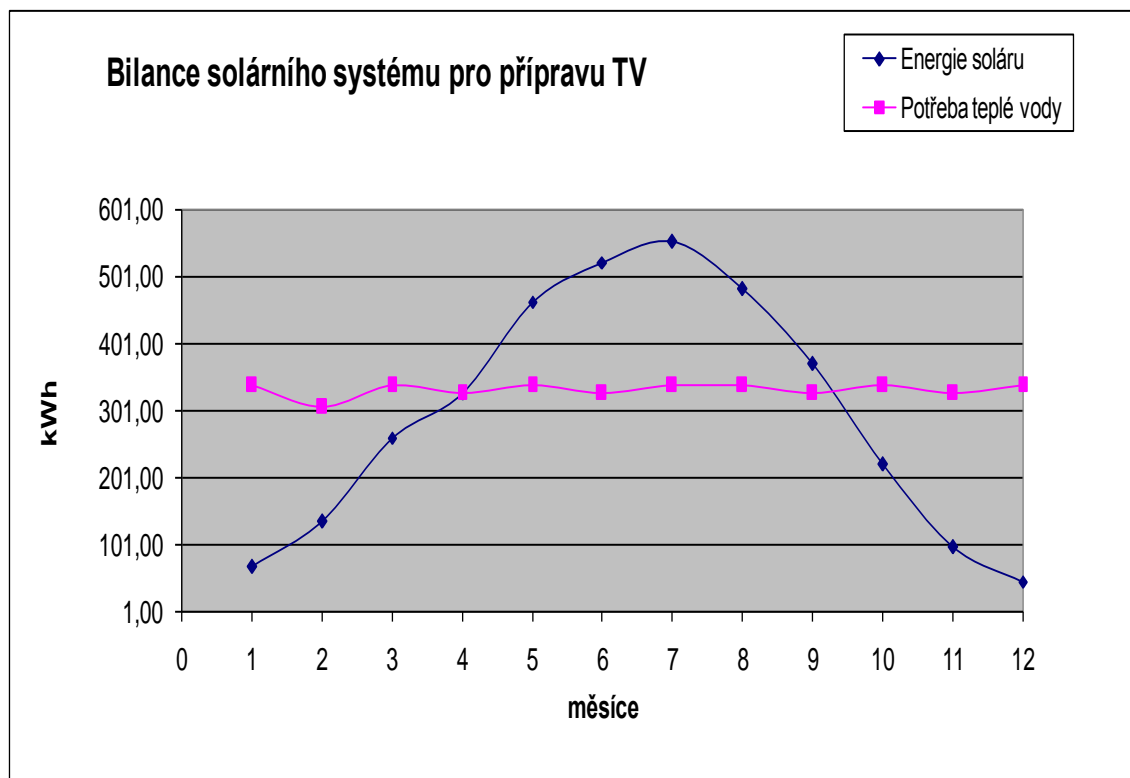


*Graf. znázorňující letní přebytky při sklonu 75°*

Solární pokrytí za rok:

$$f = 100 \cdot \left( \frac{\sum (Q_{ss,u})}{\sum Q_{p,tv,m}} \right) = 100 \cdot \left( \frac{3053}{3972,51} \right) = 76,85\%$$

Z grafu můžeme vidět, že v letním období máme přebytek solární energie, kterou je vhodné využít na ohřev bazénu. Zvolení sklonu kolektoru jsem zvolil 75° z důvodu větších zisků v zimním období, abych docílil nejmenších přebytků v letním období a největších zisků v zimním období. Pokud jsem zvolil sklon 45°, solární pokrytí se pohybovalo cca kolem 70% a v letním období byly velké přebytky (viz graf).



*Graf. znázorňující letní přebytky při sklonu 45°*

#### **B.3.1.4 Návrh zdroje pro ohřev bazénové vody**

O výkon, který bude potřeba k vyhřívání bazénu RD se bude starat kondenzační kotel s kombinací solárního systému. Bazén má plochu hladiny  $S = 21 \text{ m}^2$  a hloubku  $v = 1,5 \text{ m}$ . Při podrobném zkoumání této problematiky se udává, že plocha kolektorů by měla být 50 až 70% plochy hladiny u krytých bazénu. Rozhodl jsem se pro podrobný výpočet

Základní parametry:

Teplota vody - 26°C

Teplota vzduchu v provozu/mimo - 28°C/20°C

Relativní vlhkost +/- 65%

Doba ohřevu – 4 dny , Doba provozu – 8h, Mimo provoz – uvažujeme zakrývání hladiny plachtou

### **Ztráty přestupem tepla mezi hladinou a vnitřním prostředím**

#### V době provozu

$$Q_{z,p} = \frac{1}{1000} \cdot T_p \cdot \alpha_i \cdot A_b \cdot (t_{w,p} - t_{i,p}) = \frac{1}{1000} \cdot 8 \cdot 10 \cdot 21 \cdot (26 - 28) = 0 \text{ kWh}$$

#### V době mimo provoz

$$\begin{aligned} Q_{z,n} &= \frac{1}{1000} \cdot (24 - T_p) \cdot \alpha_i \cdot A_b \cdot (t_{w,n} - t_{i,n}) = \frac{1}{1000} \cdot (24 - 8) \cdot 10 \cdot 21 \cdot (26 - 20) \\ &= 20,16 \text{ kWh.den} - 1 (1,26 \text{ kW}) \end{aligned}$$

### **Ztráty odparem z vodní hladiny**

#### V době provozu

$$\begin{aligned} Q_{p,p} &= \frac{1}{1000} \cdot T_p \cdot \beta_p \cdot A_b \cdot (p_v''(t_{w,p}) - p_v(t_{i,p})) \cdot I_w / 3600 \\ &= 1/1000 \cdot 8 \cdot 0,00016 \cdot 21 \cdot (3365 - 2458) \cdot 2500000 / 3600 \\ &= 16,93 \text{ kWh.den} - 1 (2,11 \text{ kW}) \end{aligned}$$

#### Mimo provoz

$$\begin{aligned} Q_{p,n} &= \frac{1}{1000} (24 - T_p) \cdot \beta_n \cdot A_b \cdot (p_v''(t_{w,n}) - p_v(t_{i,n})) \cdot I_w / 3600 \\ &= 1/1000 \cdot (24 - 8) \cdot 0 \cdot \dots = 0 \end{aligned}$$

### **Ztráty prostupem**

$$Q_{z,\text{stěn}} = 24 \cdot 30 \cdot 0,490 \cdot (26 - 5) = 7,40 \text{ kWh.den} - 1 (300 \text{ W})$$

$$Q_{z,\text{dno}} = 24 \cdot 21 \cdot 0,190 \cdot (26 - 5) = 2,10 \text{ kWh.den} - 1 (83 \text{ W})$$

$$Q = Q_{z,p} + Q_{z,n} + Q_{p,p} + Q_{p,n} + Q_z = \underline{\underline{3,753 \text{ kW}}}, 90 \text{ kWh.den} - 1$$

Potřebná plocha kolektoru TOPSON F3-Q

$$A_k = ((1+p) \cdot Q_{\text{den}}) / q_k = (1+0,01) \cdot 90 / 1,99 = \underline{\underline{45 \text{ m}^2}} \text{ (23 kolektorů)}$$

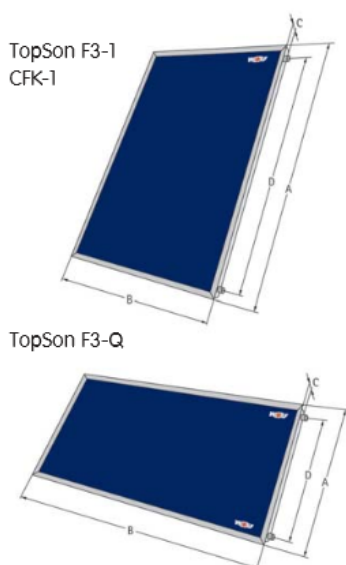
### B.3.2 Solární systém

V kapitole 8.1.2 a 8.1.3 se zabýváme návrhem solárního systému pro:

- Přípravu teplé vody (TV)
- Ohřev bazénové vody (BAZ)

Navržený plochý kolektor je od firmy **Wolf Česká republika s.r.o.** a to **TopSom F3-1**.

#### Technické údaje

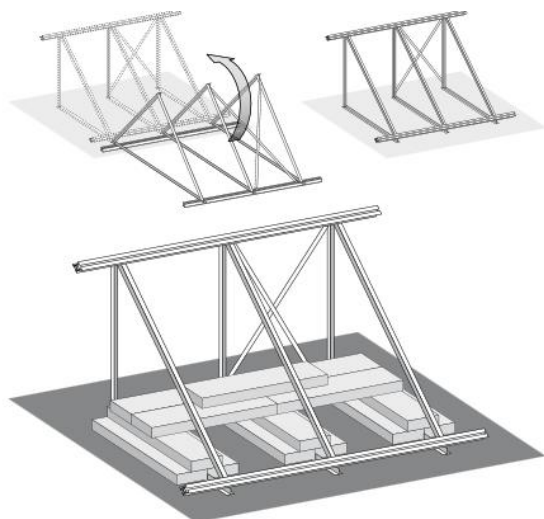


Vysoce výkonný plochý kolektor typ		TopSon F3-1	TopSon F3-Q	CFK-1
Výška	A mm	2099	1099	2099
Šířka	B mm	1099	2099	1099
Hloubka	C mm	110	110	110
Náklon dopředu/ zpět	D mm	1900	900	1900
Připojení (ploché těsnění s převlečnou maticí)	G	3/4"	3/4"	3/4"
Úhel sklonu		15° až 90°	15° až 90°	15° až 90°
Optická účinnost *	%	80,4	81,9	71,2
Koeficient tepelné ztráty $k_1$ *	W/(m <sup>2</sup> K)	3,235	3,312	3,5
Koeficient tepelné ztráty $k_2$ *	W/(m <sup>2</sup> K)	0,0117	0,0181	0,0084
Maximální teplota klidového stavu	°C	194	198	196
Opravný faktor úhlu ozáření $k_{s0}$ *	%	94	93	95,2
Tepelná kapacita C°	kJ/(m <sup>2</sup> K)	5,85	6,3	4,723
Maximální provozní přetlak	bar	10	10	10
Celková plocha	m <sup>2</sup>	2,3	2,3	2,3
Účinná plocha absorberu	m <sup>2</sup>	2,0	2,0	2,0
Obsah náplně absorberu	l	1,7	1,9	1,1
Hmotnost (čistá)	kg	40	41	36
Doporučený průtok na kolektor	l/hod.	30–90	30–90	90
Nosné medium tepla		ANRO (neředěno)		

\* Hodnoty dle EN 12975

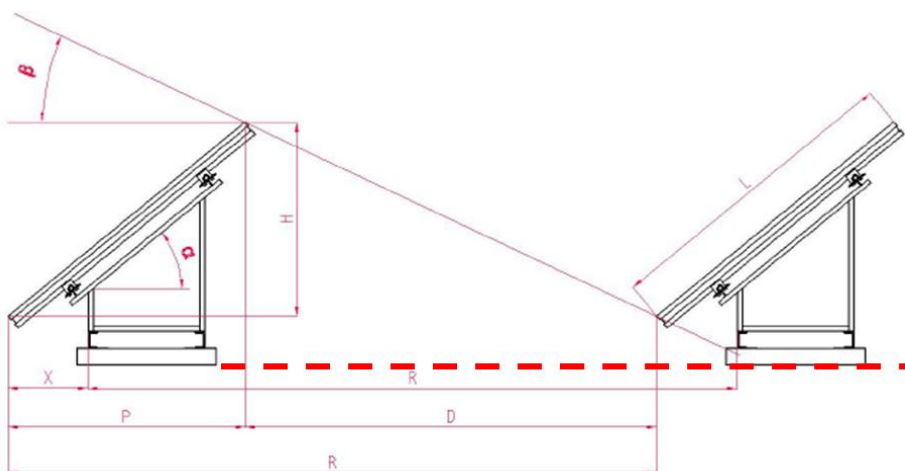
#### B.3.2.1 Uchycení a umístění kolektorů na plochou střechu

**Uchycení kolektorů** bude vyřešeno systémem od firmy Baxi – držákem na plochou střechu. Držák se skládá ze dvou H-profilů, trojúhelníkových podpěr a jednoho zavětrovacího kříže. Zvolený držák není potřeba navrtávat do střešní skladby (nebude docházet k porušení **hydroizolace**). Držák se bude zajišťovat statickým zatížením (viz obr). V našem případě bude mít celkově 7 řad a z toho 5 řad po 4 kolektorech a dvě řady po 3 kolektorech – statické zatížení nám určuje tabulka. **V žádném případě se nesmí překročit přípustné zatížení střechy (doporučuji posouzení statika)**



Montáž na plochou střechu	do 8 m
1 kolektor	290 kg
2 kolektory	580 kg
3 kolektory	870 kg
4 kolektory	1160 kg
5 kolektorů	1450 kg

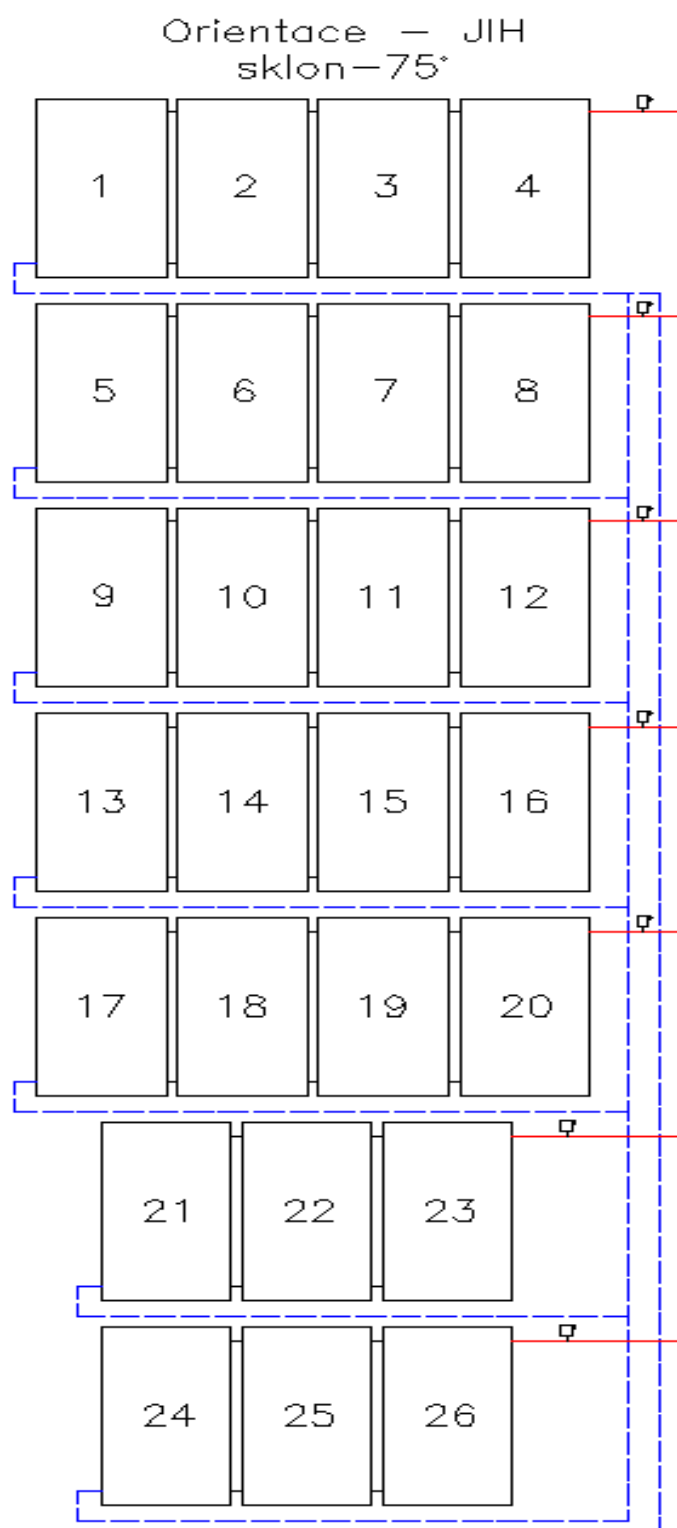
**Kolektory budou** orientovány na jih ve sklonu 75°. Vzdálenost mezi řadami je doporučována firmou Baxi 3\*L (ve sklonu) v našem případě ± 1,6 m. Výpočtem jsme zjistili, že nám bude stačit vzdálenost ± 1,1 m.



$R =$

$$\cos \alpha \cdot L + \frac{\sin \alpha \cdot L}{\tan \beta} = \cos 75^\circ \cdot 2,1 + \frac{\sin 75^\circ \cdot 2,1}{\tan 75^\circ} = 1,087 \text{ (1,1m)}$$

### B.3.2.2 Zapojení plochých kolektorů



### B.3.3 Návrh plynové kotelny a zařízení

Jako hlavní zdroj pro ohřev TV a vytápění bude navržen kondenzační kotel, který bude pracovat ve spádu 65/45°C. Jediný problém bude ohřívání bazénové vody, kde by bylo nejvýhodnější zvolit spád např. 90/75°C, abychom docílili co nejrychlejšího ohřevu bazénové vody. Proto je navržen solární systém, který nám s ohřevem bazénové vody pomůže a urychlí její ohřev.

#### B.3.3.1 Návrh zdroje (kotelny)

Potřeba tepla pro vytápění (tepelná ztráta):	8,9 kW
Potřeba tepla pro VZT:	5,2 kW
Potřeba tepla pro ohřev TV:	1,1 kW
Potřeba tepla pro ohřev bazénové vody:	3,75 kW
Celková potřeba vody:	<b>18,95 kW</b>

$$Q_{prip} = 0,7Q_{vyt} + 0,7Q_{vzt} + Q_{tv} + Q_{tech}$$

$$Q_{prip} = 0,7 \cdot 8,9 + 0,7 \cdot 5,2 + 1,1 + 3,75 = \mathbf{14,72 \text{ kW}}$$

Požadovaný výkon zdroje je **14,72 kW**, pro letní provoz **6,3 kW**

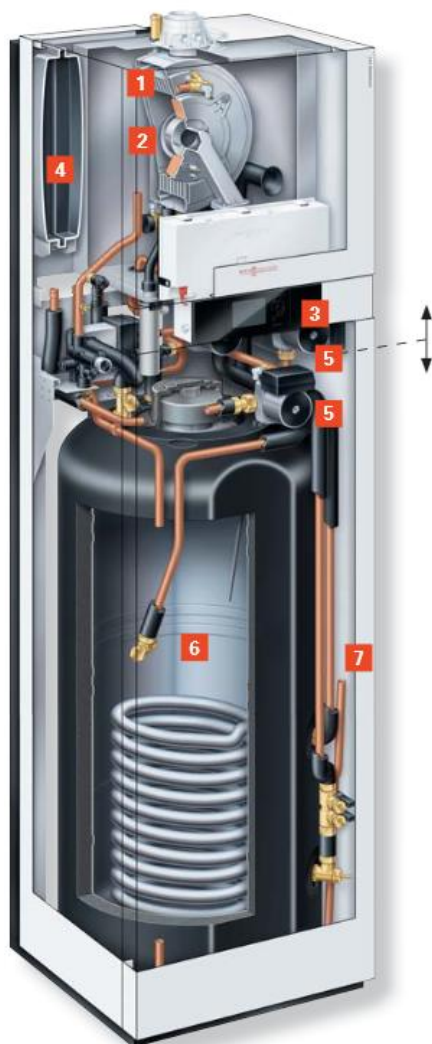
#### Návrh kotle

Navržený kotel bude plynový kondenzační kotel od firmy Viessman Vitodens 343-F **1,9 kW až 19 kW**. Jedná se o kompaktní topnou centrálu s integrovaným solárním zásobníkem. Kotel Vitodens 343-F je již připraven ke kombinaci se solárními kolektory. Modul regulace a ovládání solárního systému je již zabudován.

#### Výhody kotle:

- Kompaktní plynová topná centrála s integrovaným solárním zásobníkem
- Vysoký komfort teplé vody díky zásobníku z ušlechtilé nerez oceli o objemu 220 litrů se solární funkcí.
- Solární krytí > 60%

- Vysoce efektivní oběhové čerpadlo na stejnosměrný proud pro topný a solární okruh
- Ovládání smartfonem



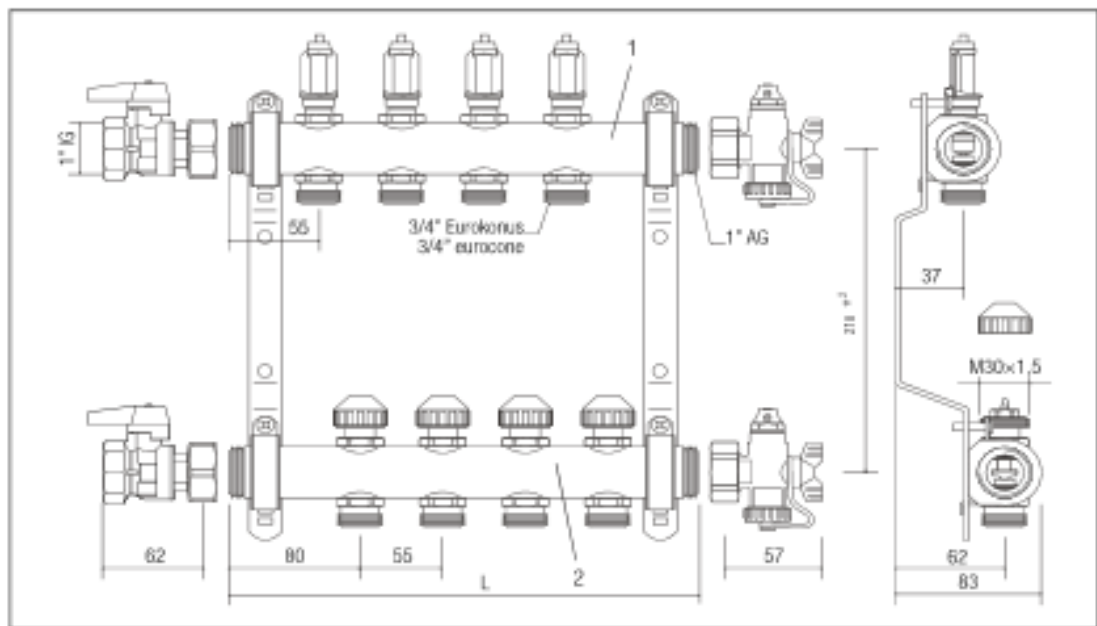
#### **Legenda Vitodens 343 –F:**

1. Výchřevná plocha Inox – Radial
2. Plynový hořák MatriX
3. Regulace Vitotronic
4. Expanzní nádoba
5. Vysoce efektivní čerpadlo na stejnosměrný proud
6. Zásobník na pitnou vodu o objemu 220l
7. Plnicí armatura solárního okruhu

#### **Rozdělovače a sběrače**

V RD budou instalovány 3x rozdělovače firmy Rehau – rozdělovač HKV-D. Jeden rozdělovač bude umístěn v technické místnosti (v kotelně), který bude umístěn na omítku. Druhý rozdělovač, bude umístěn v obývacím pokoji, který bude umístěn pod omítku a poslední rozdělovač bude umístěn v bazénové hale a bude umístěn také pod omítku.





Obr. Připojovací rozměry rozdělovače topných okruhů Rahau HKV-D  
1.Přívod, 2. Odvod

Velikost rozdělovače	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Délka v mm	190	245	300	355	410	465	520	575	630	685	740
Celkový rozměr v mm	307	362	417	472	527	582	637	692	747	802	857

### **Skříně rozdělovače Rehau**

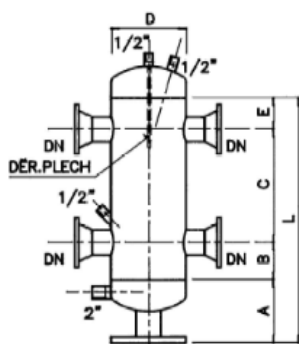
V RD domě budou použity dva druhy rozdělovačů. A to skřín rozdělovače pod omítku UP a skřín na omítku AP.



Velikosti skříní a rozměry vestavené skříně – budou uvedeny v technické zprávě.

## HVDT

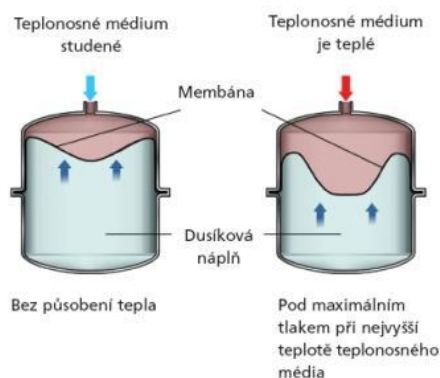
Hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků – zajistí vytvoření hydraulické stability otopné soustavy. Umísťuje se tak, aby odděloval otopnou soustavu od kotlového okruhu. Vyruší se přebytek dynamického tlaku oběhových čerpadel kotlového okruhu přenášených do otopné soustavy. Průtok vody kotlovým okruhem není ovlivněn otopnou soustavou.



VELIKOST	PRŮTOK	D	DN/PN	L	A	B	C	E
1	4	108	50/6(16)	1650	200	300	1000	150
2	8	159	65/6(16)	1650	200	300	1000	150
3	12	219	80/6(16)	1650	200	300	1000	150
4	20	219	100/6(16)	1650	200	300	1000	150
5	30	273	125/6(16)	1700	250	300	1000	150
6	50	324	150/6(16)	1700	250	300	1000	150
7	100	426	200/6(16)	1900	250	300	1200	150
m3/hod		mm		mm	mm	mm	mm	mm

## Expanzní nádoby

Tlakové expanzní nádoby umožňují změny objemu vody v topné soustavě. Tlakové expanzní nádoby jsou rozdělené pryžovou membránou na dva oddělené prostory. Jeden prostor je určen pro vodu topné soustavy a je s topnou soustavou propojen krátkým expanzním potrubím. Druhý, plynový prostor, je naplněn stlačeným dusíkem s přetlakem, který odpovídá hydrostatickému tlaku otopné soustavy. Tento pružný polštář umožňuje změny objemu vody v otopné soustavě. Pro řešení projektu budou použity dvě expanzní nádoby.



### B.3.4 Podlahové vytápění

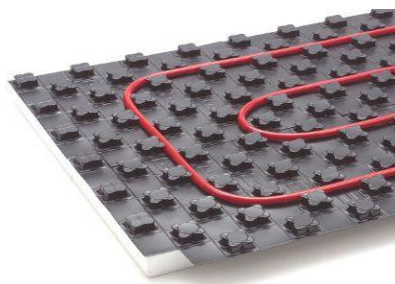
Pro rodinný dům bude navrženo podlahové vytápění, které se bude starat o vytápění celého domu. Jedinou výjimkou bude bazénová hala, kde podlahové topení bude podřadným systémem, který bude plnit funkci temperování při útlumovém režimu bazénové haly. Pro výpočet podlahového topení jsem využil software RAUCAD TechCON.

Okrajové podmínky pro software RAUCAD TechCON

Abychom mohli využít funkcí výpočtového softwaru, bylo nutné nastavit okrajové podmínky pro výpočet podlahového topení.

1. Zvolit systém, který bude využit pro podlahové vytápění:

Zvolený systém je od firmy Rehaou: **Systém Varionova** (tl:11mm,  $\lambda$ :0,036 W/mK). Zvolený průměr a materiál rozvodových trubek je **Rautherm S 14x1,5 mm** (vnitřní průměr: 11mm, vnější průměr 14mm,  $\lambda$ :0,35 W/mK)



2. Zvolení okrajových podmínek pro systém R. Varionova

Max. délka okruhu (včetně délky připojení do rozdělovače)	120m
Max. tlaková ztráta (okruhu)	15kPa
Rozestupy potrubí	50-300 mm

3. Nastavení střední povrchové teploty podlahové otopné plochy

$t_p = 27 - 28^{\circ}\text{C}$	u místností pro trvalý pobyt (obytné místnosti, kanceláře)
$t_p = 30 - 32^{\circ}\text{C}$	u pomocných místností, kde člověk jen příležitostně prochází
$t_p = 32 - 34^{\circ}\text{C}$	u místností kde člověk chodí bos (koupelny, plovárny)

Hodnoty byly stanoveny dle normy ČSN EN 1264 (tabulka A.12)

4. Zvolený teplotní spád - **40/35°C**

#### B.3.4.1 Rozdělovače a sestavení okruhů

Rozdělovač 1	Ozn. výkres	Okruhy	S [m <sup>2</sup> ]
Kotel	K1	1	-
Vzduchotechnická jednotka	V1	1	-
S01 Chodba	S2	1	14,1
S03 Fitness	S1	1	14
102 Chodba	S3	1	6,9
Rozdělovač č.2	R2	1	

Zvolený rozdělovač: **Rozdělovač HKV-D Nerez – 6 okruhů**

Zvolená skříň: AP3

Rozdělovač 2	Ozn. výkres	Okruhy	S [m <sup>2</sup> ]
105 Obývací pokoj	S4,5,6	3	3*14
107 Pracovna	S7	1	13
108 Koupelna	S8	1	6,1
109 Koupelna 2	S9	1	8,4
Rozdělovač č.1	R1	1	-
Rozdělovač č.3	R2	1	-

Zvolený rozdělovač: **Rozdělovač HKV-D Nerez – 6 okruhů**

Zvolená skříň: AP3

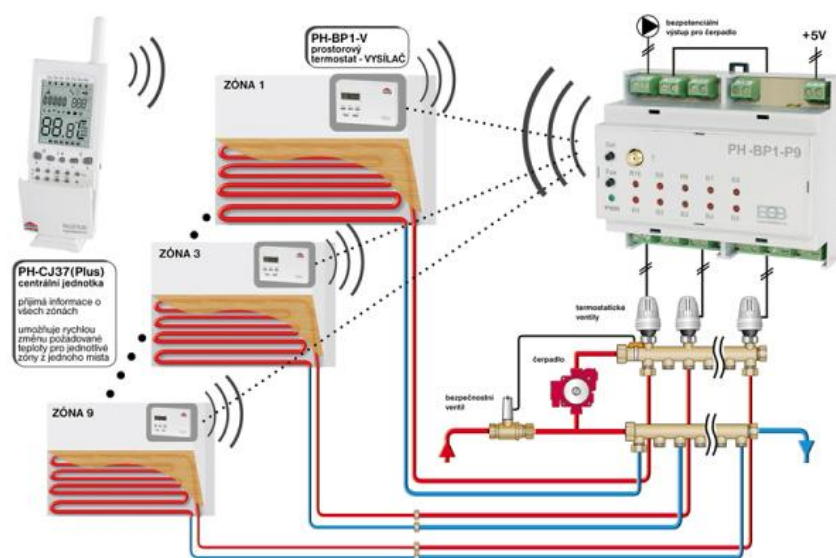
Rozdělovač 3	Ozn. výkres	Okruhy	S [m <sup>2</sup> ]
Bazénová hala	S12,13	2	2*21,5
Vzduchotechnická jednotka	V2	1	-
Rozdělovač č.2	R2	1	-
112 Ložnice	S10	1	16,4
113 Dětský pokoj	S11	1	14,6

Zvolený rozdělovač: **Rozdělovač HKV-D Nerez – 5 okruhů**

Zvolená skříň: UP2

### B.3.4.2 Regulace podlahového topení

Pro regulaci podlahového topení bude navržena regulace zónová. Rodinný dům bude rozdělen na zóny, které budou mít stejné požadavky na vnitřní teplotu. Každý rozdělovač bude opatřen 9ti kanálovým přijímačem, který bude ovládat termo-ventily rozdělovače na základě údajů vysílačů (termostatů). Celý systém bude bezdrátový (je možno instalace i vodičového systému = ½ cena regulace), který bude řízen centrální jednotkou, kterou bude možno ovládat pomocí telefonu, nebo počítače.



### B.3.4.3 Rozdělení zón

Rozdělovač 1	Teplota [°C]	Zona
S01 Chodba (termostat)	15	Z1
102 Chodba	15	Z1
S03 Fitness (termostat)	20	Z2

Rozdělovač 2	Teplota [°C]	Zona
105 Obývací pokoj (termostat)	20	Z3
107 Pracovna	20	Z4
108 Koupelna (termostat)	24	Z5
109 Koupelna	24	Z5

Rozdělovač 3	Teplota [°C]	Zona
Bazénová hala (termostat)	20	20
112 Ložnice (termostat)	20	Z4
113 Dětský pokoj	20	Z4

Vysvětlivky: (termostat) – v místnosti bude umístěn termostat

#### **B.3.4.4 Jak systém pracuje**

V každé zóně bude instalován bezdrátový termostat, který bude vysílat signály do 9-ti kanálového přijímače, které budou připevněny do skříně rozdělovače a právě přijímač se bude starat o regulaci a to tak, že bude ovládat termo-ventily rozdělovače.

#### **B.3.4.5 Nastavení systému a popis prvků regulace**

##### **Nastavení systému**

Aby nám zónová regulace správně pracovala, musíme správně zvolit, co vlastně chceme regulovat termostatem. Na výběr máme ze tří možností regulace a to teplota podlahy, teplota místnosti a kombinace obojího. Pro skoro celý rodinný dům bude termostat regulovat teplotu místnosti (požadavek na komfortní teplotu v místnosti) a výjimkou bude bazénová hala a dvě koupelny, kde budeme volit regulaci teploty podlahy z důvodu pobytu lidí bez obuvi.

##### **Prvky regulace**

**PH-BP1-P9** – 9-ti kanálový přijímač pro podlahové topení

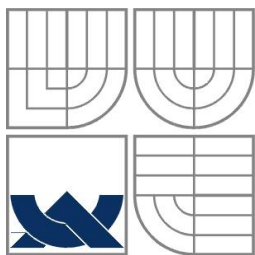


Termostat **PH-BP1**

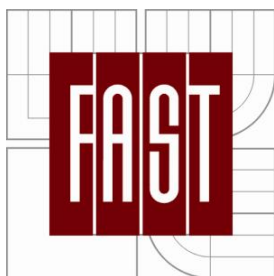


Centrální jednotka **PH-CJ37-BT**





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA RODINNÉHO DOMU AIR CONDITION OF THE FAMILY HOUSE

### C) PROJEKT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

FRANTIŠEK KOPŘIVA

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

DOC. ING. ONDŘEJ ŠIKULA, PH.D.

BRNO 2014



## **C. TECHNICKÁ ZPRÁVA**

## C.1 ÚVOD

Technická zpráva se zabývá návrhem vzduchotechnických jednotek, chladicího zařízení, vytápěcího zařízení a v neposlední řadě ohřev TV a bazénové vody v rodinném domu. Cílem těchto zařízení je zajištění požadovaného vnitřního mikroklimatu. Rodinný dům je rozdělen na dva funkční celky a to pobytovou část a bazénovou halu.

### C.1.1 Podklady pro zpracování projektové dokumentace

Podkladem pro zpracování této projektové dokumentace byly výkresy půdorysů, řezů a pohledu řešeného objektu. Součástí podkladů jsou příslušné zákony, prováděcí vyhlášky, České technické normy a projekční podklady vzduchotechnických a chladicích zařízení a zařízení pro vytápění a ohřev teplé vody:

- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ve změně 93/2012 Sb.
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- ČSN 73 0548 - Vypočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- ČSN 73 0540 – 2 - Tepelná ochrana budov - požadavky (2011 + Z1 2012)
- -ČSN 73 0540 – 3 - Tepelná ochrana budov - návrhové hodnoty veličin (2005)
- ČSN 73 0540 – 4 - Tepelná ochrana budov - výpočtové metody (2005)
- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (1988)
- ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb (1977)

podklady výrobců:

- Elektrodesign
- Trox
- Systemair
- Altea
- Imos

- Daikin
- Wolf
- Viessman
- Rehau
- Electrobock
- Baxi

### C.1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo: Blansko  
 Nadmořská výška: 314m n.m.  
 Normální tlak vzduchu: 98,0 kPa  
 Výpočtová teplota vzduchu: léto: teplota: 27°C  
 entalpie: 51,2 kJkg<sup>-1</sup>  
 zima: teplota: -15°C

### C.1.3 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Nucené větrání v rodinném domě je zajištěno dvěma kompaktními vzduchotechnickými jednotkami od firmy Altea. V letním období nám chladicí VRV systém eliminuje tepelné zátěže. V pobytové části nám tepelné ztráty eliminuje podlahové topení a v bazénové hale nám napomáhá teplovzdušné vytápění.

Místnosti	Teplota vzduchu [°C]		Vlhkost [%] min-max
	Zima	Léto	
Pobytové místnosti	20	26	40-60
Chodby	15	28	-
Koupelny	24	26	90
Bazénová hala	26	28	70

Hluk ve vnitřním prostředí vyhovuje normou stanovených požadavků. Vzhledem k charakteru objektu je uvažováno s denním provozem zařízení. Povolena denní hodnota hluku je 50 dB, v noci 40 dB.

## C.2 ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Rodinný dům je rozdělen na dvě funkční část, kdy jedna z nich je bazénová hala a druhá část je pobytová.

### **Bazénová hala**

Nucené větrání zajišťuje kompaktní vzduchotechnická jednotka Duplex RDH4, která je umístěna ve strojovně 2. Hlavním úkolem vzduchotechnické jednotky je odvlhčování a vytápění bazénové haly. Vlhčení vzduchu není uvažováno. Systém odvětrání je zvolený přetlakový tak, aby nedocházelo šíření pachů či vlhkosti do pobytové části rodinného domu. Pro bazénovou halu není uvažováno chlazení.

### **Pobytová část**

Nucené větrání bude zajišťovat kompaktní vzduchotechnická jednotka Duplex 2000, která je umístěna v suterénu v technické místnosti. Nucené větrání je navrženo pro obývací pokoj, pokoj pro hosty, koupelny, WC, ložnice, dětský pokoj. Vlhčení vzduchu není uvažováno. Místnosti, které jsou zatěžovány vnější tepelnou zátěží jsou ochlazovány systémem VRV. Místnosti, které nejsou napojeny na vzduchotechnickou jednotku, lze přirozeně větrat okny.

### **C.2.1 Hygienické větrání a klimatizace**

Čerstvý vzduch bude do větraných místností přiváděn vzduchotechnickou jednotkou

- Dávka venkovního vzduchu na osobu je  $50 \text{ m}^3/\text{h}$
- Filtrace vzduchu na přívodu do VZT je zajištěna filtrem G4
- Filtrace vzduchu na odvodu z VZT je zajištěna filtrem G4
- V celém domě je navrženo podtlakové větrání tak, aby do místností s pobytem lidí byl přiváděn čerstvý vzduch a v podřadných místnostech jako WC, chodby byl vzduch odvětrán.

## **C.2.2 Technologie větrání a chlazení**

### **Elektrická energie**

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů VZT, ventilátorů vnitřních a chladících jednotek, invertoru, kotel, solární čerpadla.

### **Tepelná energie**

Hlavním zdrojem tepla pro rodinný dům bude samostatně stojící plynový kondenzační kotel. Teplotní spád kotle bude 65/40°C. Teplotní spád otopné vody je 40/35°C - regulace směřováním, teplotní spád pro přípravu teplé vody bude 65/45°C. Objekt je vytápěn teplovodním systémem s podlahovým vytápěním. Jedinou výjimkou je bazénová hala, kde budou využity dva systémy a to teplovzdušné vytápění a podlahové vytápění. Pro ohřev TV a ohřev bazénové vody je navržen solární systém.

Přiváděný vzduch bude chlazen individuálně v jednotlivých místnostech, pomocí chladících jednotek.

## **C.2.3 Popis technického řešení**

### **C.2.3.1 Koncepce větrání**

#### **Bazénová hala (zařízení 1)**

Vzduchotechnická jednotka je umístěna ve strojovně č.2. Kondenzát z vzt je odváděn přímo do kanalizace. Nasávání, pro VZT je řešeno průchodem přes zeď, je ukončeno gravitační mřížkou, která je orientována na sever. Odvod vzduchu je řešen průchodem přes zeď, je ukončen gravitační mřížkou, která je orientována na východ. Rozvody vzduchu jsou provedeny kruhovým potrubím z nerez, aby nedocházelo ke korozi (zvýšená vlhkost). Distribuční elementy jsou napojeny pomocí flexi potrubí. Distribuce vzduchu je řešena výfukovými štěrbinami, a to tak, že čerstvý vzduch ofukuje chladné povrchy – prosklená stěna, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par. Odvod vzduchu je řešen mřížkou, která je umístěna nad hladinou vody. Rozvody jsou vedeny v sádkartonovém podhledu.

**Zařízení č. 1 – Kompaktní vzduchotechnická jednotka s deskovým výměníkem a bypassem**

Větrání bude zajišťovat kompaktní vzduchotechnická jednotka. Kompaktní vzduchotechnická jednotka Altea Duplex RDH4, která se skládá z vyplétacích filtrů G4, vodního ohřívače, deskového rekuperátoru s bypassem a ventilátorů. Rozměry jednotky 1970x680x680 mm (vxšxh)

**Pobytová část (zařízení 2)**

Vzduchotechnická jednotka je umístěna v suterénu – technická místnost. Kondenzát je odváděn přímo do kanalizace. Nasávání pro VZT je řešeno průchodem přes zeď, a ukončeno gravitační mřížkou, která je orientována na východ. Odvod vzduchu je řešen průchodem přes střechu a je zakončen výfukovou hlavicí, která je opatřena střechou proti zatékání. Rozvody vzduchotechnicky jsou provedeny kruhovým potrubím z pozinkovaného plechu tl. 1mm. Distribuční prvky jsou napojeny flexi potrubím. Distribuce vzduchu je řešena anemostaty, které jsou umístěny v sádrokartonovém podhledu. Veškeré potrubí je vedeno v sádrokartonovém podhledu. Průchod vzduchu mezi místností je zajištěn dveřními štěrbinami.

**Zařízení č. 2 – Kompaktní vzduchotechnická jednotka s deskovým výměníkem a bypassem**

Nucené větrání bude zajišťovat kompaktní vzduchotechnická jednotka. Kompaktní vzduchotechnická jednotka Altea Duplex 2000, která se skládá z vyplétacích filtrů G-4, vodního ohřívače, deskového rekuperátoru s bypassem a ventilátorů. Rozměry jednotky 1270x1920x435 (vxšxh)

Č. místnosti	Název	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem V (m <sup>3</sup> )	Osoby	Vzduch/osoba (m <sup>3</sup> /h)	Léto		Zima		Přívod (m <sup>3</sup> /h)	Odvod (m <sup>3</sup> /h)
						ti (°C)	φi (%)	te (°C)	φe (%)		
104	Obývací pokoj	60,6	153,1	4	50	28	60	21	60	200	490
105	Wc	1,6	4,2	0	0	28	60	21	60	0	100
106	Prádelna	4,1	10,7	0	0	Nepřivádím ani neovádím žádný vzduch					
107	Pracovna	15,4	40	2	50	28	60	21	60	100	0
108	Koupelna	6,7	17,4	1	50	28	60	21	60	0	180
109	Koupelna	8,4	21,8	1	50	28	60	21	60	0	160
110	Chodba	25,9	67,3	4	50	28	60	21	60	0	240
111	Dětský pokoj	15,3	39,8	1	80	28	60	21	60	100	0
112	Ložnice	27,2	70,7	2	50	28	60	21	60	100	0
Σ										500	1170

### C.2.4 Koncepce chladicího zařízení

Chladicí systém je řešen VRV systémem. Invertor je umístěn na střeše rodinného domu, bude umístěn ve zděném přístřešku, který bude chránit invertor před přímým slunečním zářením. Rozvody chladiva jsou provedeny z měkkých měděných trubek pájených na tvrdo. Vnitřní jednotky jsou umístěny na stěně, výjimkou je jedná kazetová jednotka, která je umístěna v podhledu. Všechny vnitřní jednotky budou opatřeny čerpadly pro odvod kondenzátu. V chladicím okruhu bude použito chladivo R410A.

Místnost	Ozn. Výrobce	Výkon [kW]	V [m <sup>3</sup> /h]	Hluk [dB]
105. Obývací pokoj	FTXG25JW	1,3	228	22
	FFQ35C	3,4	510	30,5
107. Pracovna	FTXG35JW	3,5	438	34
112. Ložnice	FTXG35JW	3,5	438	34
113. Dětský pokoj	FTXG25JW	2,5	408	32

Název zařízení	Druh zařízení	Výkon [kW]	Hluk [db]
RXYSQ6P8V1	Venkovní jednotka	15,5	53
FTXG25JW	Vnitřní jednotka	1,3	22
FFQ35C	Vnitřní jednotka	3,4	30,5
FTXG35JW	Vnitřní jednotka	3,5	34
FTXG35JW	Vnitřní jednotka	3,5	34
FTXG25JW	Vnitřní jednotka	2,5	32
BPMKS967B3	Provident		
BPMKS967B3	Provident		

### C.2.5 Koncepce vytápění a ohřev vody

Vytápění v objektu bude řešeno plynovým kondenzačním kotlem. Teplotní spád kotlového okruhu bude 65/45°C, tento spád je zvolen z důvodu požadované teploty teplé vody 55°C. Teplá voda je připravována zásobníkovým ohřevem. Teplotní spád otopných větví je 40/35°C, teplota bude upravována trojcestným ventilem – směšování. Pro ohřev TV a bazénové vody bude využívat solární systém.

#### **Zařízení č. 3** – *Plynový kondenzační kotel*

Byl navržen kondenzační plynový kotel Vitodens 343 –F: 1,9-19 kW

## C.3 MĚŘENÍ A REGULACE

Navržené systémy VZT budou řízeny a regulovány samostatným systémem měření a regulace profese MaR :

- ovládání chodu ventilátoru a silového napájení vzduchotechnické jednotky
- ovládání chodu ventilátoru a průtoku chladiva u chladících jednotek
- umístění teplotních čidel podle požadavku
- protimrazová ochrana deskového výměníku
- protimrazová ochrana teplovodního výměníku
- snímání a signalizace zanesení filtrů
- poruchová signalizace
- snímání signalizace chodu, poruchy a zapnutí a vypnutí zdroje chladu


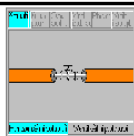


## C.4 NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE

- Revizí dvířka v místě providentů
- Prostupy střechou, zdmi
- Instalování syfonů pro odvod kondenzátu ze vzduchotechnických jednotek
- Technická místnost, bude vyspádována do středu místnosti, kde bude instalovaná vpust.
- Revizní dvířka v místě požárních klapek

## C.5 IZOLACE A NÁTĚRY

Veškeré vzduchovody budou opatřeny izolací ISOVER Orstech LSP 40 tl. 30mm. Veškeré rozvody chladicího systému budou izolovány Isover pěnovými pouzdry t. 30mm.

 IsoCal Izolace proti vnější kondenzaci		
Verze programu: 3.03		
Čas/datum: 23:29 19.05.2013		
Držitel licence: František Koptíva, VUT		
Projekt:		
Název zařízení:		
Zodpovědná osoba:		
Název souboru:		
		
Izolace proti vnější kondenzaci	Požadovaná tl. izolace	Stand. tl. izolace
Tloušťka izolace	1.4 mm	25.0 mm
Povrchová teplota izolace	9.3 °C	17.7 °C
Teplota rosného bodu	9.3 °C	9.3 °C
Tepelná vodivost izolace	0.043 W/mK	0.044 W/mK
Souč. přestupu tepla vně	7.8 W/m <sup>2</sup> K	3.7 W/m <sup>2</sup> K
Tepelná ztráta	-2.5 W/m	-1.5 W/m

Izolace proti vnější kondenzaci	Vstupní hodnoty
Typ	Potrubí
Průměr potrubí	6.5 mm
Izolační produkt (Isover)	Pěnové sklo-pouzdra (C6)
Vnější povrchová úprava	Měd, leštěná
Emisivita povrchu	0.09
Teplota média	8.0 °C
Okolní teplota	20.0 °C
Rel. vlhkost vzduchu	50.0 %
Prostředí	Vnitřní (přírozené proudění)

## C.6 MONTÁŽ

Montáž a instalaci vzduchotechnického systému smí provádět jen osoby způsobilé k těmto úkonům. Veškerý servis a údržbu bude provádět servisní firma a to jednou ročně při přechodu ze zimního na letní provoz. Obsluhu zařízení bude provádět pouze proškolená osoba.

## C.7 ZÁVĚR

V objektu byli navrženy dvě vzduchotechnické zařízení nuceného větrání se zařízením ZZT pro zajištění přívodu čerstvého vzduchu a vytápění. Pro zlepšení vnitřního v letním období bylo navrženo chladicí zařízení.

## C.8 VÝPIS POLOŽEK

### C.8.1 Výpis položek – VZT1 – bazénová hala

Označení položky	Popis položky	KS
1.01	Duplex RDH4	1
1.02	Gravitační mřížka 350x250	1
1.03	Gravitační mřížka 350x200	1
1.04	Trox Serie VSD Koleno 90° Ø200- výfuková šterbina 1050mm	8
1.05	Mřížka NOVA-R – 500x400	1
1.06	Přechod z hranatého potrubí na kruhové – 350x250 - Ø200	1
1.07	Přechod z hranatého potrubí na kruhové – 350x200 - Ø200	1
1.08	Sedlový kus Ø160	1
1.09	Sedlový kus Ø225	2
1.10	Sedlový kus Ø280	4
1.11	Připojovací potrubí Ø160 – dle výkresu	1
1.12	Připojovací potrubí Ø315 – dle výkresu	1
1.13	Tlumič THR 1000x400x280	1
1.14	Koleno 90° Ø200	7
1.15	Koleno 90° Ø250	8
1.16	Koleno 90° Ø315	3
1.17	T redukce Ø315/Ø315/Ø315	1

1.18	Koleno 90° Ø280	1
1.19	Požární klapka Ø280	1
1.20	Požární klapka Ø315	1
1.21	Osová redukce Ø250/Ø280	1
1.22	Osová redukce Ø250/Ø318	1
1.23	Osová redukce Ø315/Ø200	1

### C.8.2 Výpis položek – VZT2 – pobytová část

Označení položky	Popis položky	KS
2.01	Duplex 2000	1
2.02	Osová redukce Ø280/Ø225	3
2.03	Koleno 90° Ø225	7
2.04	Koleno 90° Ø280	8
2.05	Mřížka s přírubou s gravitační žaluzií - 350x350mm	1
2.06	Výfuková hlavice VHC 280, opatřena protidešťovou stříškou	1
2.07	Koleno 15° Ø200	1
2.08	Osová redukce Ø225/Ø160	1
2.09	Sedlový kus Ø315	1
2.10	Připojovací potrubí – dle výkresu	12
2.11	Digestoř - Elegance 60 - nerezové provedení	1
2.12	T redukce Ø225/Ø250/Ø225	1
2.13	Koleno 90° Ø280	1
2.14	Osová redukce Ø250/Ø225	1
2.15	Sedlový kus Ø160	5
2.16	Sedlový kus Ø250	1
2.17	Osová redukce Ø225/Ø200	2
2.18	T redukce Ø160/Ø200/Ø160	1
2.19	Osová redukce Ø160/Ø125	2
2.20	Koleno 90° Ø160	1
2.21	Osová redukce Ø160/Ø200	1
2.22	T redukce Ø200/Ø125/Ø200	1
2.23	Koleno 90° Ø125	2
2.24	Anemostat 43SF-6-160 - 100m³/h	6
2.25	Anemostat 43SF-6-160 - 120m³/h	2
2.26	Anemostat 43SF-6-160 - 180m³/h	1
2.27	Anemostat 43SF-6-160 - 160m³/h	1
2.28	Anemostat 43SF-6-160 - 250m³/h	1

## C.9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### KNIHY A NORMY

1. GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007, 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8.
2. HIRŠ, Jiří, Günter GEBAUER. *Vzduchotechnika v příkladech 1.: Prostředí budov*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 230 s. ISBN 978-80-7204-486-9.
3. ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor*. Praha: český normalizační institut, 1986.
4. ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
5. Nařízení č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: č. 97/2011 *Sbírky zákonů na straně 3338*. 2011.
- [14] MATUŠKA, T. *Solární soustavy pro bytové domy* 1. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3503-0.
- [15] MATUŠKA, T. *Solární zařízení v příkladech*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-3525-2.

Webové stránky:

- [1] <http://www.passiv.de/>
- [2] <http://www.atrea.cz/>
- [3] <http://www.tzb-info.cz/>
- [4] <http://www.pasivnidomy.cz/>
- [5] <http://www.thermoval-cz.cz/>
- [7] <http://www.mark-kompresory.cz/>
- [8] <http://www.bcb-plzen.eu/bcb/index1.html>
- [9] <http://www.bowman.cz/>
- [10] <http://www.kodek.cz/>
- [11] <http://www.topeni-topeman.eu/>
- [12] <http://www.topin.cz/>
- [13] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [16] <http://www.buderus.cz/>

NEPUBLIKOVANÉ ZDROJE:

ŠIKULA, Ondřej. *Ochlazování budov - přednášky*. Brno, 2013-14

POČÍNKOVÁ, Marcela. *Technické zařízení budov – vytápění – přednášky*

## **C.10 SEZNAM PŘÍLOH**

- 01 – VZT – půdorys 1S, řez 1-1' (1:50)
- 02 – VZT – půdorys 1NP (1:50)
- 03 – VZT – řezy A-A', B-B', C-C' (1:50)
- 04 – VZT – půdorys, řez – strojovna 1 (1:25)
- 05 – VZT – půdorys, řez – strojovna 2 (1:25)
- 06 – CHL – půdorys 1NP, řez A-A' (1:50)
- 07 – VTP – schéma vytápění 1S (1:50)
- 08 – VTP – schéma vytápění 1NP (1:50)
- 09 – VTP+CHL – dispozice střechy (1:50)
- 10 – VTP – hydraulické schéma

Příloha č. 1 – Výpočet tepelných zátěží

Příloha č. 2 – Výpočet U – konstrukcí

Příloha č.3 – Výpočet tepelných ztrát

Příloha č.4 – Technické listy

Příloha č.5 – Charakteristika vzduchotechnických jednotek